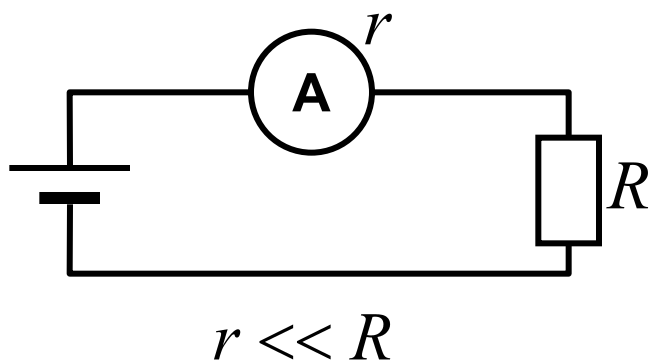
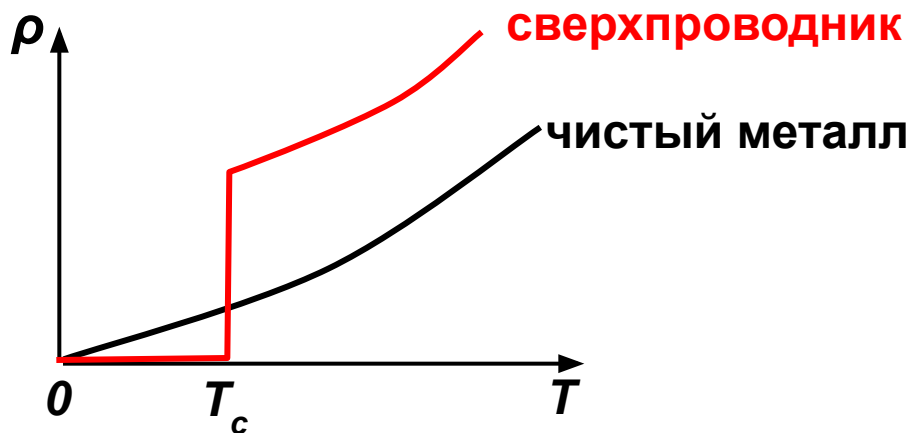


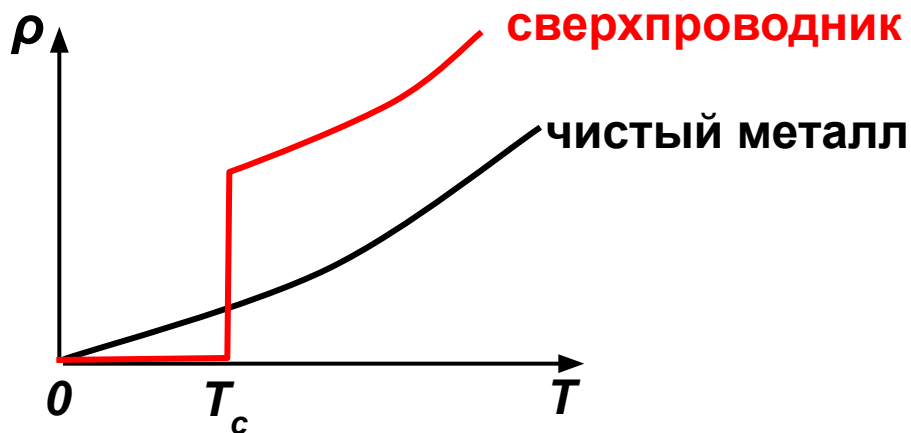
Сверхпроводимость

Сверхпроводимостью называется резкое (скачкообразное) уменьшение сопротивления до нуля при определенной температуре



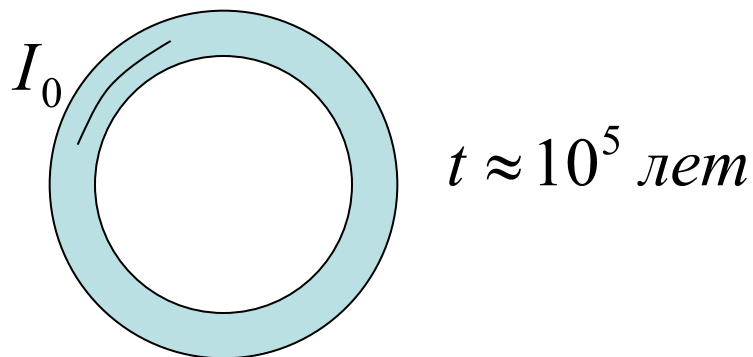
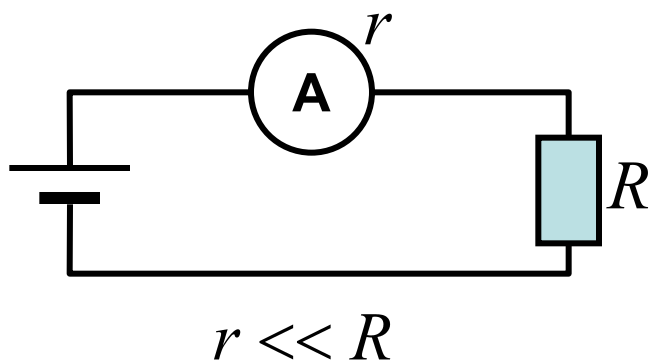
Сверхпроводимость

Сверхпроводимостью называется резкое (скачкообразное) уменьшение сопротивления до нуля при определенной температуре

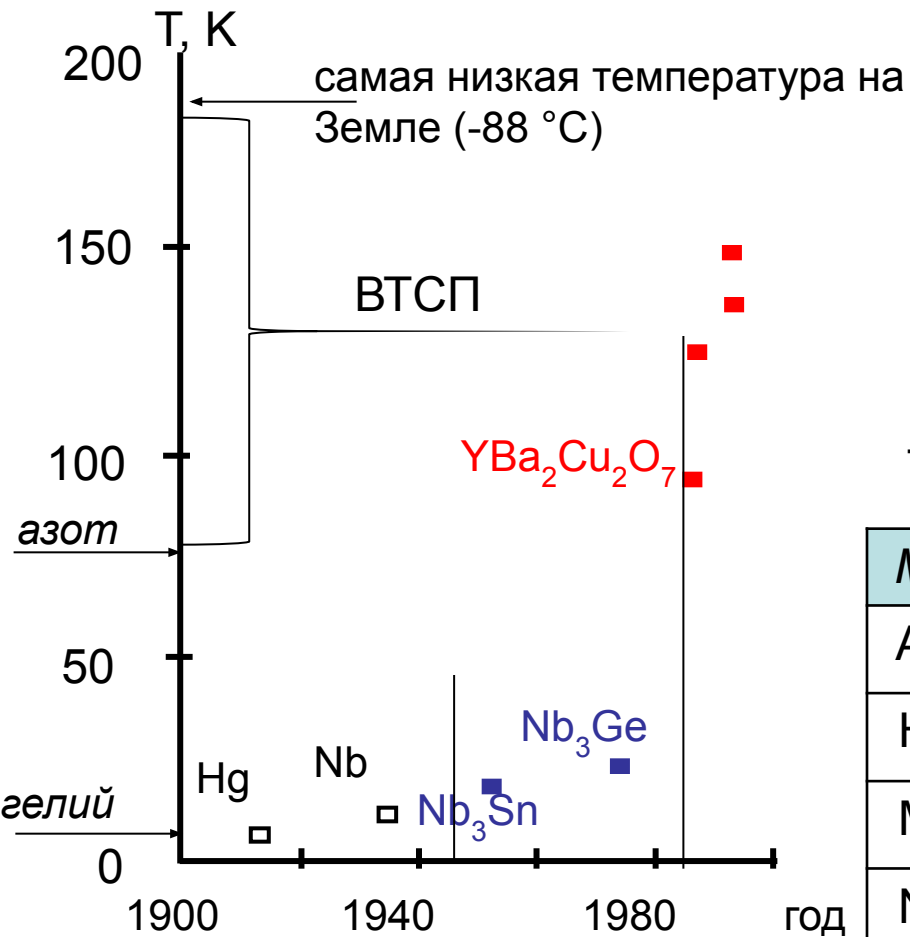


$$\rho_c \approx 10^{-25} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$I = I_0 \exp\left(-\frac{R \cdot t}{L}\right)$$



Сверхпроводимость



Вещество	$T_{\text{кип}}, \text{K}$
He	4,2
H ₂	20
Ne	27
N ₂	77

ВТСП

Температура сверхпроводимости

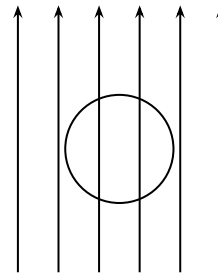
Мат-ал	T_c, K	Материал	T_c, K
Al	1,2	Nb ₃ Ge	23,4
Hg	4,2	Bi ₂ Sr ₂ Ca ₂ Cu ₃ O ₁₀	110
Mo	0,9	Tl ₂ Ba ₂ Ca ₂ Cu ₂ O ₈	125
Nb	9,2	HgBa ₂ Ca ₂ Cu ₃ O ₈	135

Высокотемпературная сверхпроводимость наблюдается при $T > 77 \text{ K}$

Сверхпроводимость

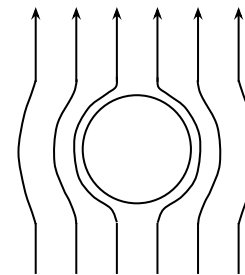
Для перехода в сверхпроводящее состояние значения температуры, напряженности магнитного поля и плотности тока не должны превышать критические значения

Обычный



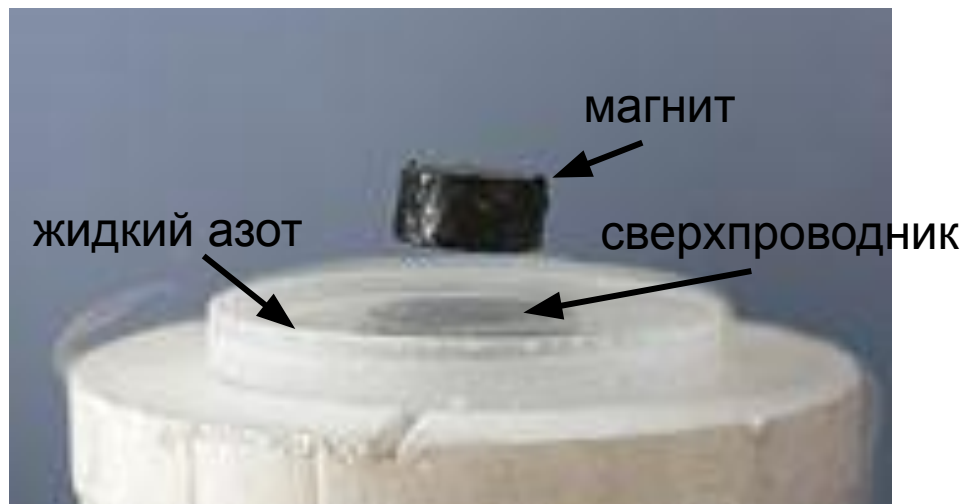
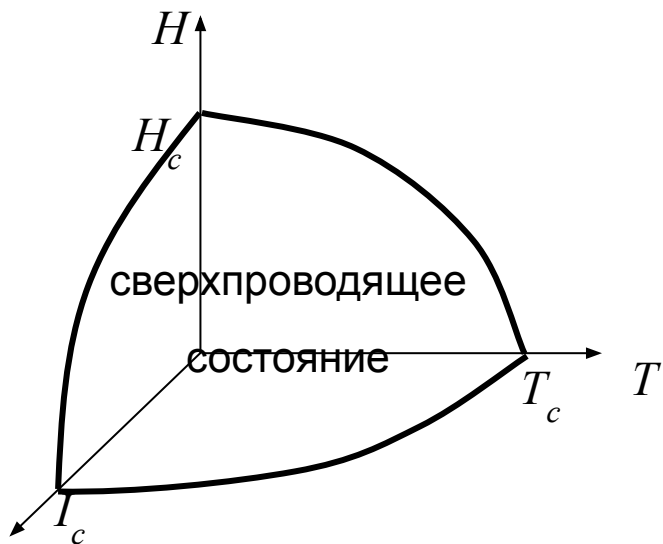
$T > T_c$

Сверхпроводник



$T < T_c$

Эффект Мейсснера –
сверхпроводник выталкивается из
магнитного поля



Сверхпроводимость

Допустимые длительные токи для медных проводов с резиновой или ПВХ изоляцией

Сечение жилы, мм ²	Открытая проводка, А	Плотность тока, А·мм ⁻²
1	17	17
2,5	30	12
6	50	8,3
10	80	8
50	215	4,3

Для сверхпроводников критическая плотность тока может достигать

$$j_c \approx 5 \cdot 10^5 \text{ А} \cdot \text{мм}^{-2}$$

Сверхпроводимость



Промышленный образец ленты



ВТСП- кабель

Применение сверхпроводников:

- передача энергии без потерь
- сверхмощные магнитные поля
- поезда на магнитной подушке
- ограничители предельно допустимого тока

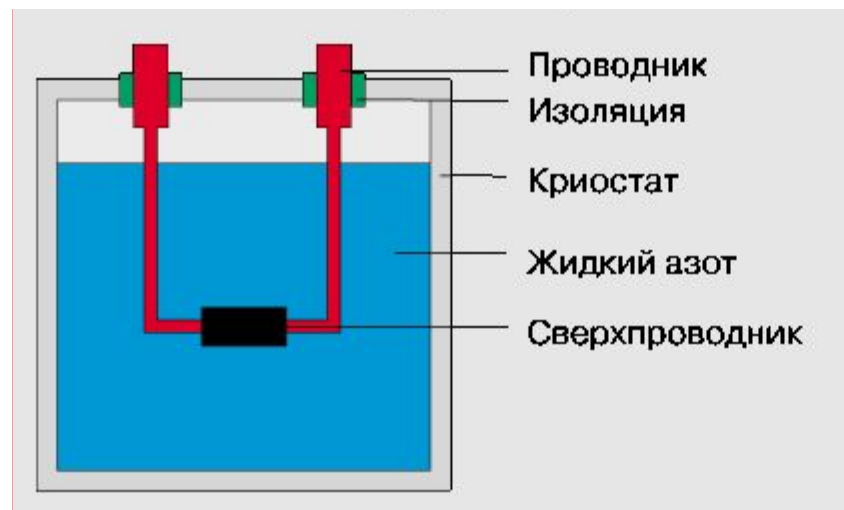
Сверхпроводимость

Схематичная конструкция
ВТСП кабеля



1. Жидкий азот
2. ВТСП-токопроводящая жила
3. Криостат
4. Оболочка
5. Экран

Схематичная конструкция
ВТСП ограничителя тока



При токе, превышающем критическое значение сверхпроводник переходит в обычное состояние с высоким сопротивлением

Сверхпроводимость

В технике применяются, в основном, следующие сверхпроводники:

Соединение	T_c , К	j_c , А/мм ² (Тл), при 4,2 К	B_c , Тл (Т, К)
NbTi	9,5-10,5	$(3-8) \cdot 10^2$ (5)	12,5-16,5 (1,2)
Nb ₃ Sn	18,1-18,5	$(1-8) \cdot 10^3$ (0)	24,5-28 (0)
NbN	14,5-17,8	$(2-5) \cdot 10^5$ (18)	25 (1,2)

Криопроводники – металлы, применяемые при низких температурах

При температуре жидкого гелия у алюминия $\rho \approx 2 \cdot 10^{-6}$ мкОм·м

При комнатной температуре $\rho \approx 2 \cdot 10^{-2}$ мкОм·м

Примеры: алюминий, медь