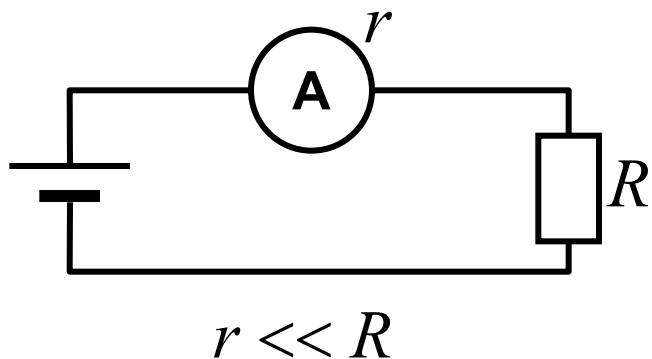
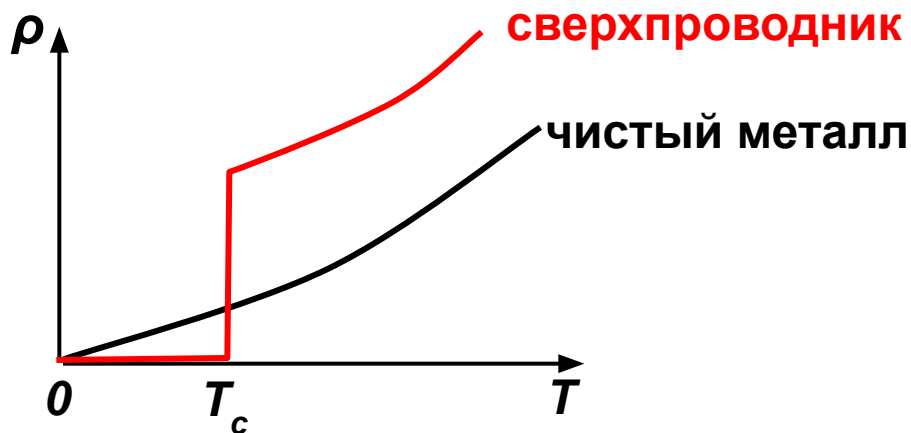


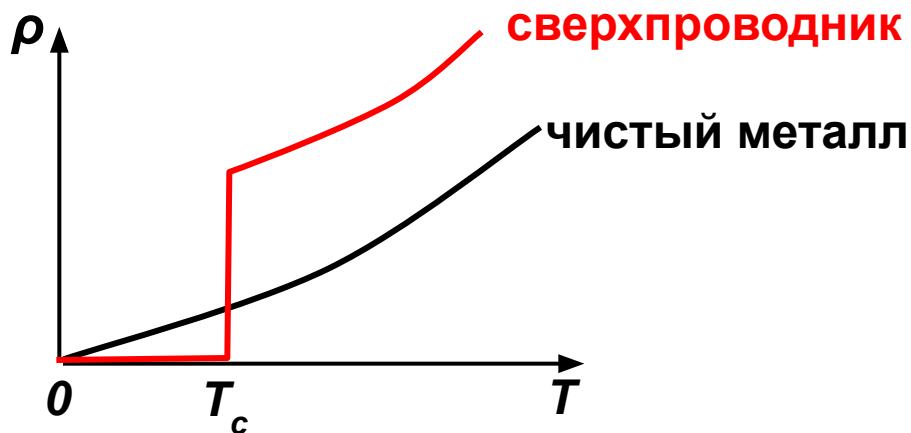
# Сверхпроводимость

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



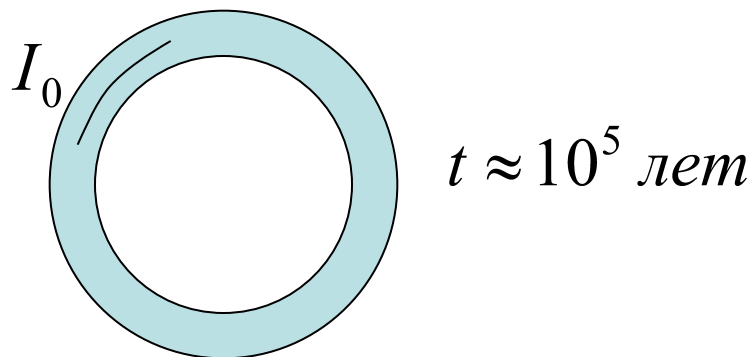
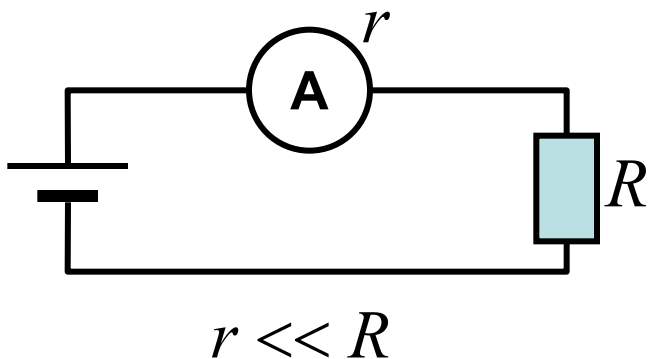
# Сверхпроводимость

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

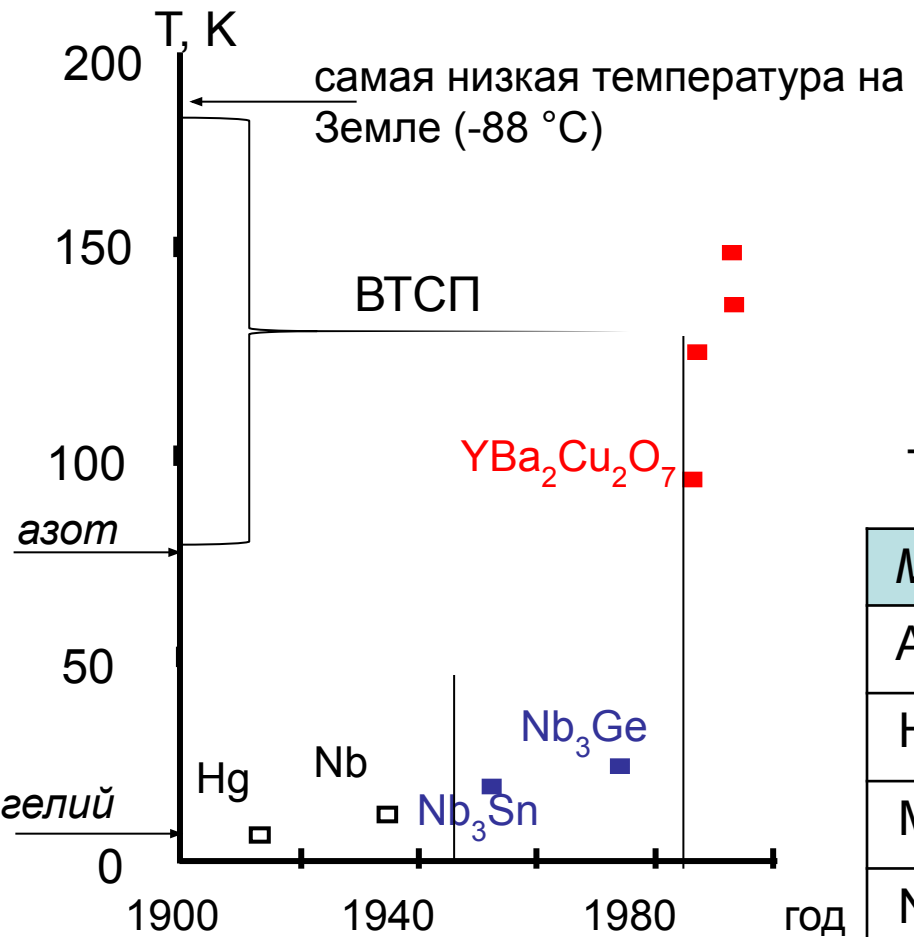


$$\rho_c \approx 10^{-25} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

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



# Сверхпроводимость



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

ВТСП

Температура сверхпроводимости

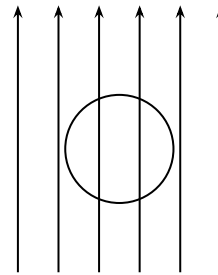
Мат-ал	$T_c, K$	Материал	$T_c, K$
Al	1,2	Nb <sub>3</sub> Ge	23,4
Hg	4,2	Bi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	110
Mo	0,9	Tl <sub>2</sub> Ba <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	125
Nb	9,2	HgBa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub>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

Высокотемпературная сверхпроводимость наблюдается при  $T > 77 K$

# Сверхпроводимость

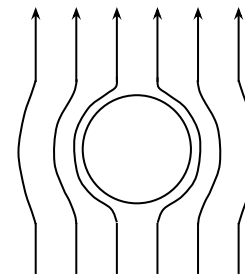
Для перехода в сверхпроводящее состояние значения температуры, напряженности магнитного поля и плотности тока не должны превышать критические значения

Обычный



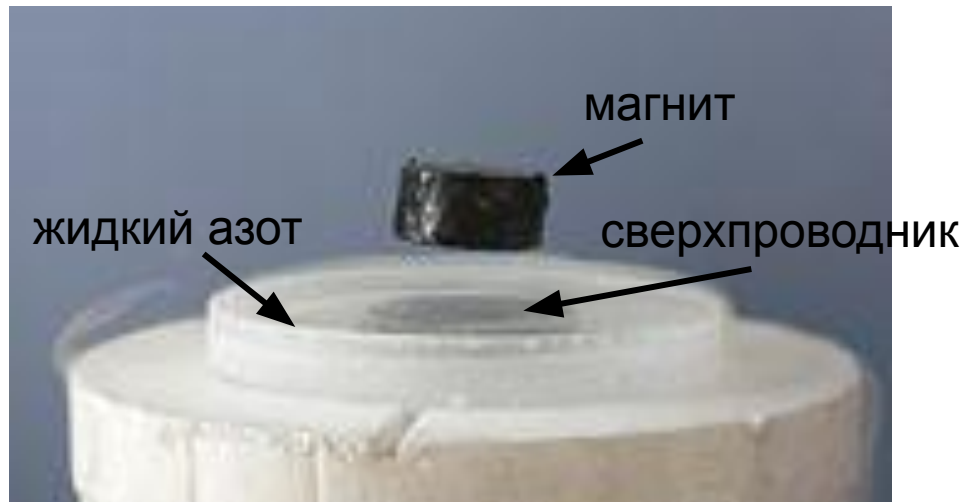
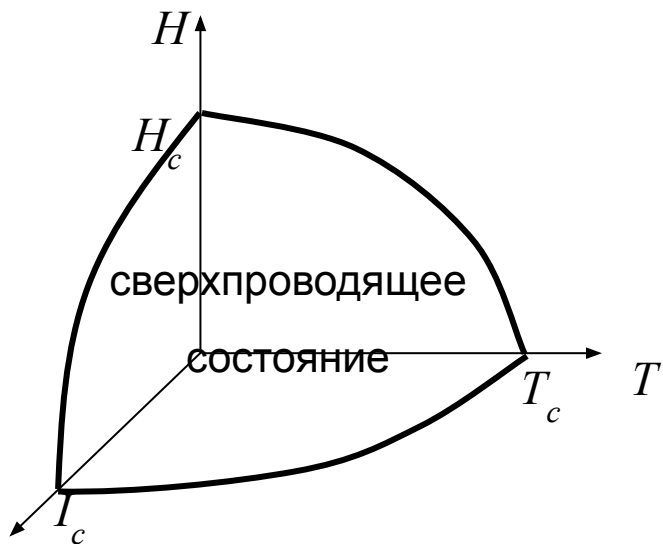
$T > T_c$

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 <sup>2</sup>	Открытая проводка, А	Плотность тока, А·мм <sup>-2</sup>
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

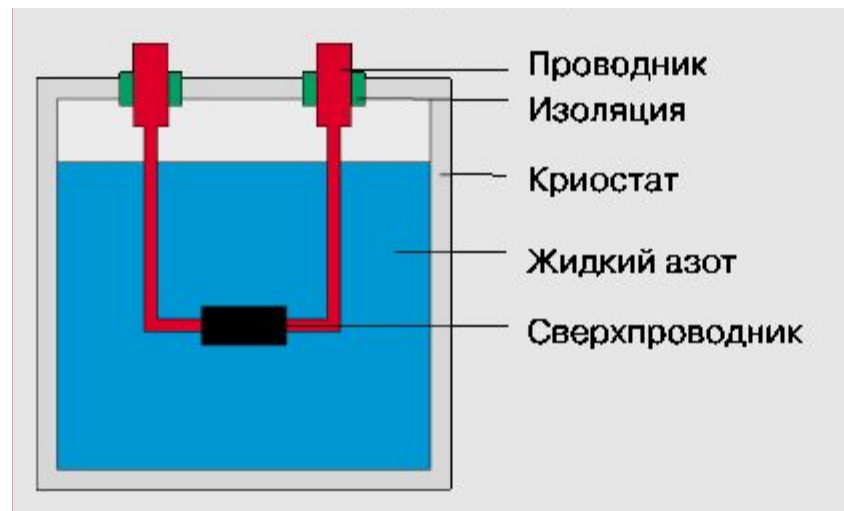
# Сверхпроводимость

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 <sup>2</sup> (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 <sub>3</sub> 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