

Эффект Джозефсона в структурах сверхпроводник-ферромагнетик- сверхпроводник

Презентация к докладу на микроконференции

Долгопрудный – 2011

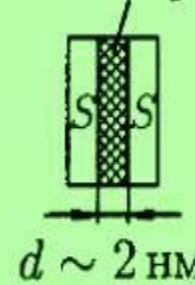
11 мая 2011 г.
Шейерман А. Е.
гр. 853

Слабая сверхпроводимость

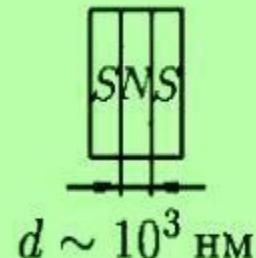
- Слабая связь
 - 1. Существенное подавление критического тока I_c
 - 2. Размеры порядка длины когерентности ξ

Виды слабых связей

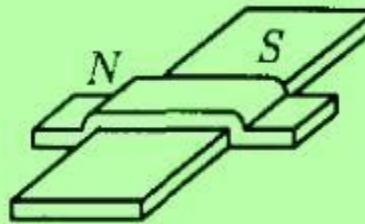
Изолятор



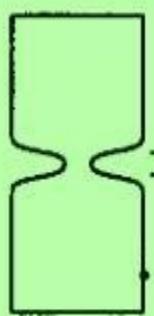
а)



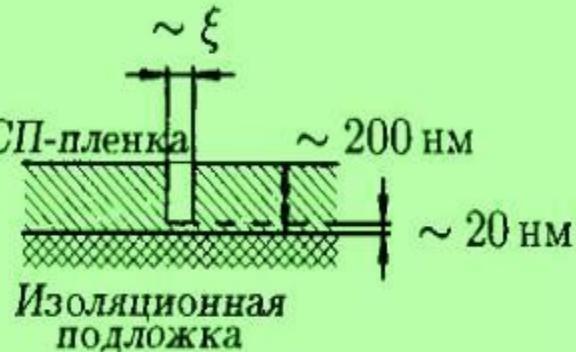
б)



в)



г)



д)



е)

Стационарный эффект

$$I < I_c \Rightarrow V = 0$$

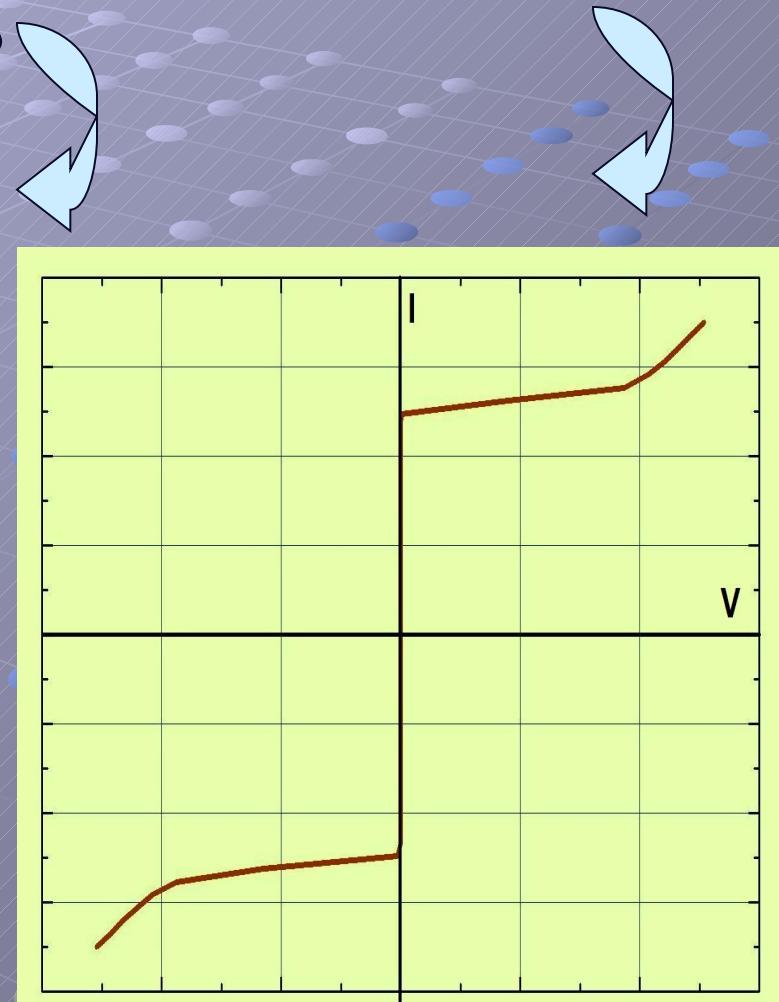
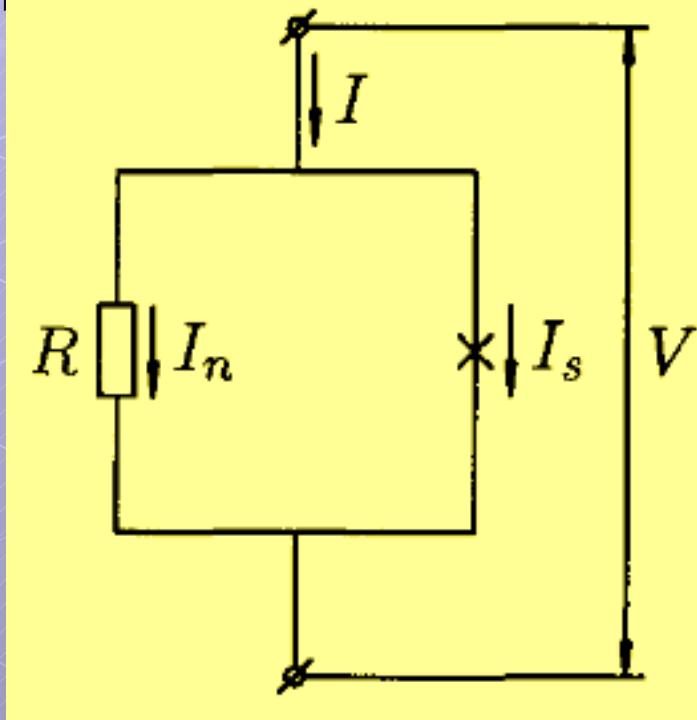
- туннелирование носителей через слабую связь

Нестационарный эффект

- резистивная модель

ВАХ

$I \neq 0$

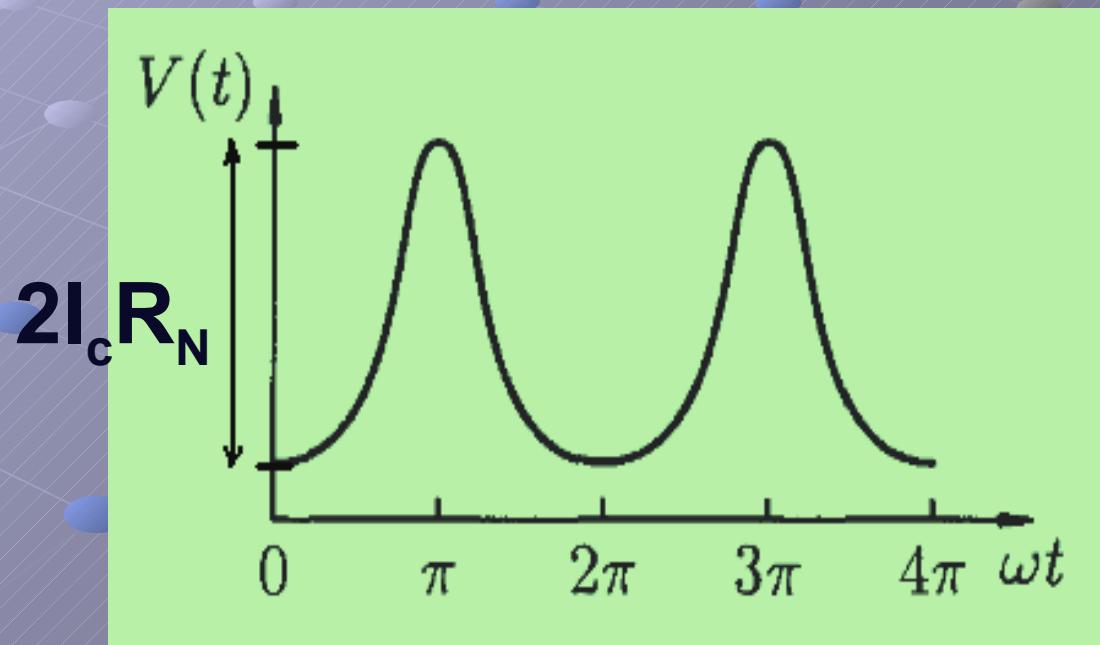


Джозефсоновская генерация

$$2eV = \hbar \partial \phi / \partial t$$

$$2e\langle V \rangle = \hbar \omega$$

$$\omega \approx 100 \text{ ГГц}$$



Эффект близости в SN-системе

$$\tau_p \Delta E \sim \hbar$$

- чистый металл ($l \gg \xi$): $\xi \sim v_F \tau_p$

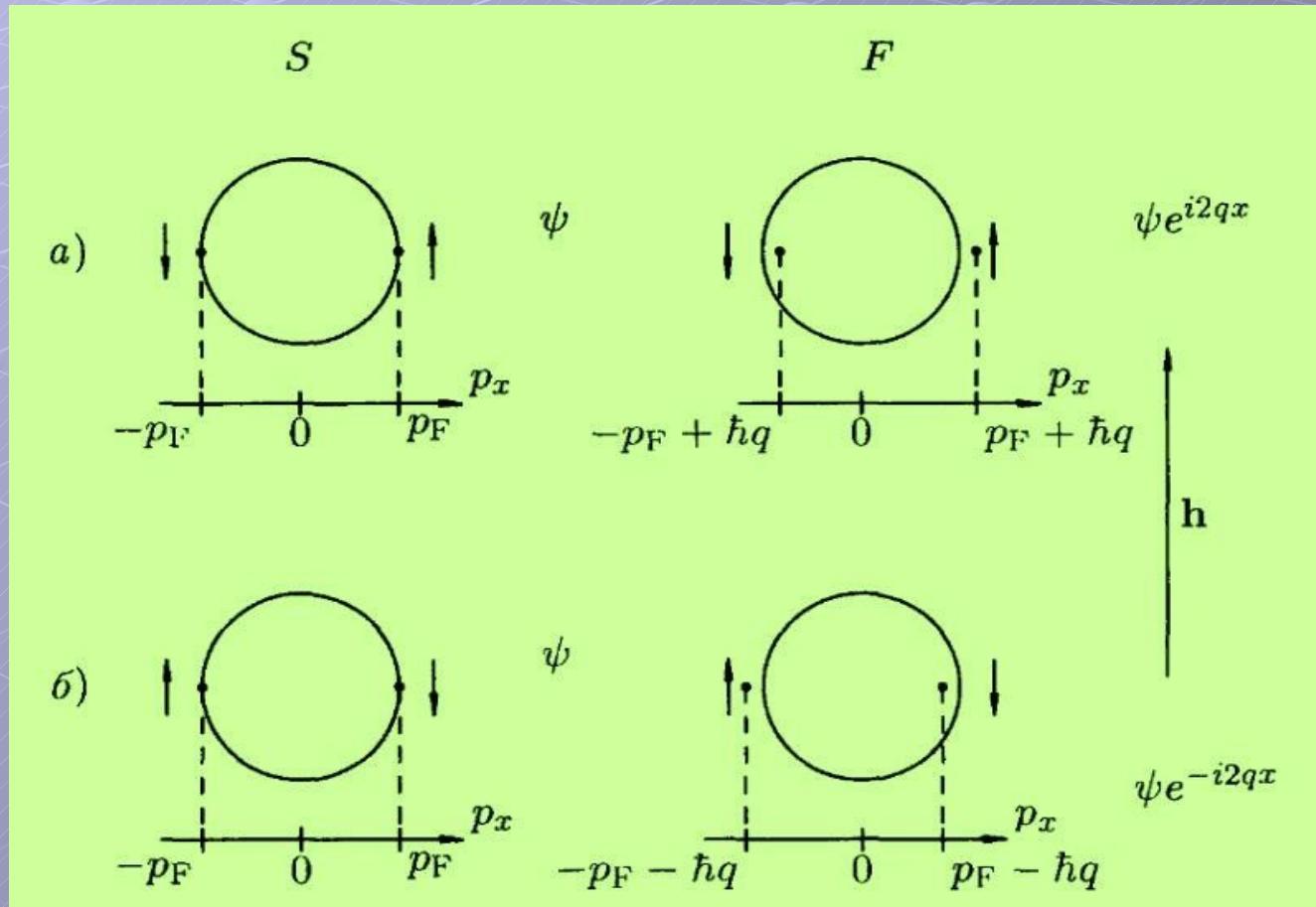
$$\xi \sim \hbar v_F / kT$$

- грязный металл ($l \ll \xi$): $\xi \sim (D \tau_p)^{1/2}$

$$\xi \sim (\hbar D / kT)^{1/2}, D = l v_F / 3$$

Эффект близости в SF-системе

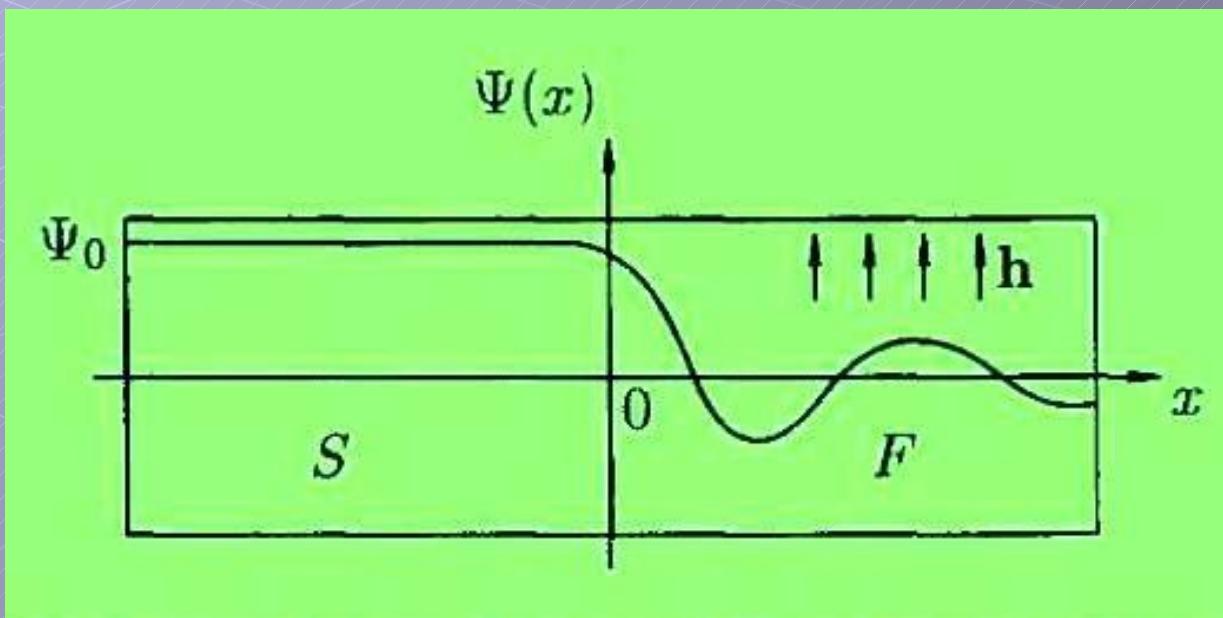
- ! появление пар с ненулевым суммарным импульсом в присутствии обменного поля ферромагнетика



Параметр порядка $\Psi_F(x)$ на SF-границе

$$\xi = \xi_{F1} + i\xi_{F2}$$

=> на затухание параметра порядка накладываются пространственные осцилляции с периодом $\lambda = 2\pi\xi_{F2}$



Длина когерентности в SF-системе

- Сильные ферромагнетики ($E_{ex} \gg kT$: Fe, Co, Ni), грязный предел: $\xi_{F1} = \xi_{F2}$

$$\xi_{F1} = \left(\frac{\hbar D}{E_{ex}} \right)^{1/2}$$

- Слабые ферромагнетики ($E_{ex} \sim kT$), грязный предел

$$\xi_{F1,2} = \sqrt{\frac{\hbar D}{((\pi k_B T)^2 + E_{ex}^2)^{1/2} \pm \pi k_B T}}.$$

Токо-фазовые соотношения в SFS-контактах

$$I_s(\varphi), I_s \sim dn_s/dt$$

- $I_s(0) = 0$
- $I_s(\varphi+2\pi) = I_s(\varphi)$
- $I_s(\varphi) = -I_s(-\varphi)$

$$SIS: I = I_c \sin(\varphi)$$

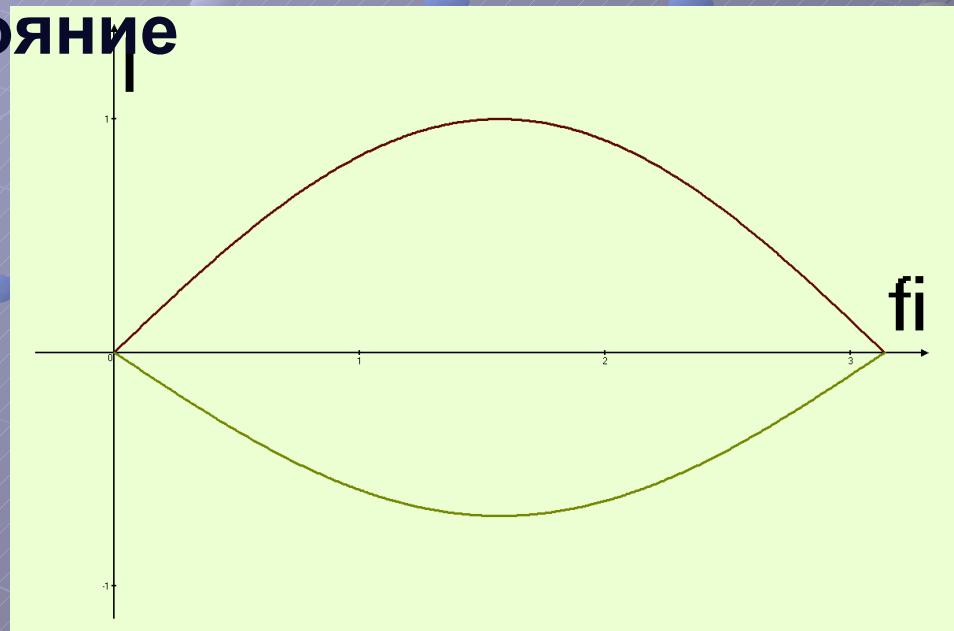
$$SFS: I = I_{c1} \sin(\varphi) + qI_{c2} \sin(2\varphi)$$

π -состояния (в сверхпроводниках с S-волновой симметрией)

- $I_c < 0$
- Минимум энергии при $\phi = \pi$
- $d_F \sim \pi \xi_F$

π -состояние

0-состояние



Переходы между 0- и π -состояниями

1. Пространственные осцилляции параметра порядка
2. Скачкообразные изменения фазы (в том числе при $d_F < \xi_{F2}$)

Литература

1. “Введение в физику сверхпроводников”,
В. В. Шмидт, МЦНМО, 2000
2. “The current-phase relation in Josephson
junctions”, A. A. Golubov, M. Yu. Kupriyanov,
E. Il’ichev, *Reviews of modern physics*, vol.
76, 2004