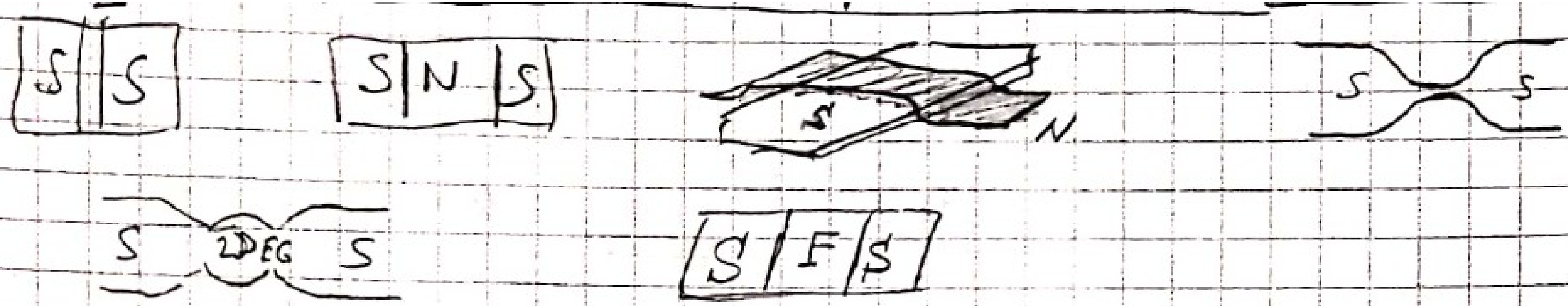
Слабые сверхпроводящие контакты

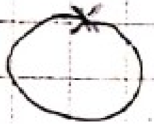
1



$$I_s(\varphi) = I_c \sin\varphi \;; \quad E_s(\varphi) = -\frac{\hbar}{2e} I_c \cos\varphi$$

$$I_s(\varphi) = \frac{2e}{\hbar}\frac{\partial E}{\partial \varphi} \quad \left(\text{аналог} \;\; \vec{j} = c\left(\frac{\delta H}{\delta \vec{A}}\right)\right)$$

не $\frac{1}{c}$, а c



$$\varphi = 2\pi \frac{\Phi}{\Phi_0} = \frac{2e}{\hbar c}\oint \vec{A}\, d\vec{l}$$

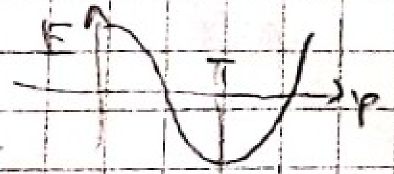
Только одна гармоника, если: 1) контакт туннельный 2) T близко к T_c

Когда не $\sin\varphi$:

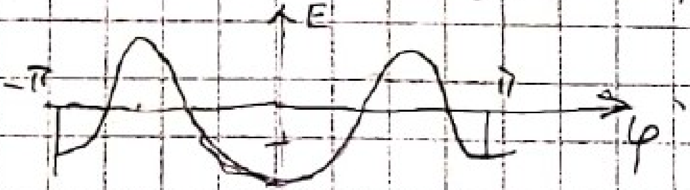
а) SNS, $L \ll \xi$, $T \ll T_c$

I ↑ SNS $L \gg \xi$, $T \to 0$

б) $I_c < 0$: SFS : π-shift



Промежут. случай:



в) D | D $\rightarrow$ $E_s = E_2 \cos 2\varphi - E_1 \cos\varphi$

Задача 1

$I_c(T)$ в ГЛ для $S = S'$ и для $S \neq S'$

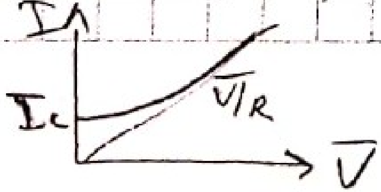
$\theta_1 = \arccos \frac{I_c}{I}$

(2) $2eV = \hbar \frac{\partial \varphi}{\partial t}$ $\qquad e^{-iEt/\hbar}$ $\qquad V(t) = R \frac{I^2 - I_c^2}{I + I_c \cos(\omega t - \theta_1)}$

$I = I_c \sin\varphi + \frac{\hbar}{2eR} \frac{\partial \varphi}{\partial t}$ $\qquad \omega = \frac{2e}{\hbar} R \sqrt{I^2 - I_c^2}$

$\boxed{2e\overline{V} = \hbar\omega}$ $\qquad$ Что такое R?

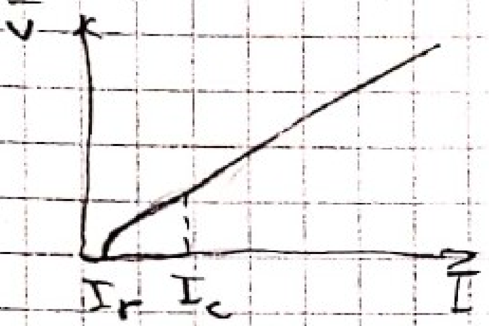
ac Josephson effect



"Стиральная доска" $\quad E_{tot}(\varphi) = E_J(1-\cos\varphi) - \frac{\Phi_0}{2\pi} I \cdot \varphi$

$E_{ист} = \int_0^t I V \, dt$

③ Крит. ток и ток возврата

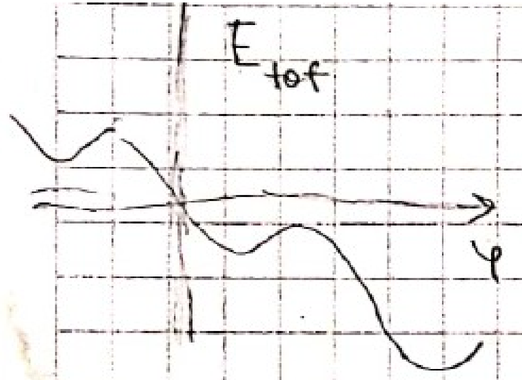


$$C\frac{\hbar}{2e}\frac{d^2\varphi}{dt^2}+\frac{1}{R}\frac{\hbar}{2e}\frac{d\varphi}{dt}+I_c\sin\varphi=I$$

$$\omega_p=\left(\frac{2eI_c}{\hbar C}\right)^{1/2}\qquad \tau=RC$$

$$\beta_c=(\omega_p\tau)^2=R^2C\frac{2eI_c}{\hbar}$$

$$\frac{I}{I_c}=\frac{\beta_c}{\omega_c^2}\ddot{\varphi}+\frac{1}{\omega_c}\dot{\varphi}+\sin\varphi\qquad \omega_c=\frac{2e}{\hbar}I_cR=\omega_p^2\tau$$



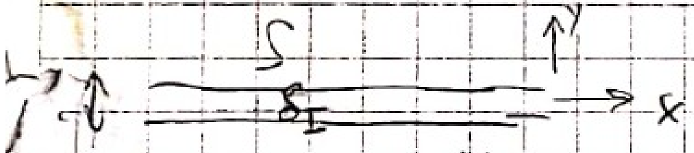
$\beta_c<1$: $I_r=I_c$

$\beta_c>1$ $I_r<I_c$

Задача 2: Найти I_r/I_c при $\beta_c\to 1$

4) Длинный контакт в магнит. поле

$$j(x) = j_c \sin(\underbrace{\chi_1 - \chi_2 + \frac{2e}{\hbar c}\int_1^2 A_y\,dy}_{\varphi(x)})$$



$d = 2\lambda + \delta_I$ $H \otimes_z$

$$\frac{dA_y}{dx} = H$$

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{2e}{\hbar c} H d = 2\pi d \frac{H}{\Phi_0}$$

$$\boxed{\frac{dH_z}{dx} = \frac{4\pi}{c} j_{sy}}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{d^2\varphi}{dx^2} = \frac{2\pi d}{\Phi_0}\frac{4\pi}{c} j_c \sin\varphi$$

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \frac{1}{\lambda_J^2}\sin\varphi$$

Ferrell-Prange

$$\boxed{\lambda_J = \left(\frac{c\Phi_0}{8\pi^2 j_c d}\right)^{1/2}}$$

trivial $\boxed{\frac{d\varphi}{dx} = \frac{2\pi}{\Phi_0}\frac{d\Phi}{dx}}$ + $\boxed{\frac{d\Phi}{dx} = H d}$ non-quite-trivial

Джозефсоновский вихрь (солитон): $\varphi_0(x) = 4\,\mathrm{arctg}\,\exp\left(\frac{x-x_0}{\lambda_J}\right)$

$$\int H d\,(dx) = \Phi_0$$

$1^{ое}$ Крит. поле: $F = \int_0^L dx \left[\frac{H^2}{8\pi} d + \frac{\hbar}{2e} j_c (1-\cos\varphi) \right]$

$$F_{1 vortex} = \frac{4 \Phi_0 j_c}{\pi c} \lambda_J = \frac{\Phi_0 H_{c1}}{4\pi} \Rightarrow \boxed{H_{c1} = \frac{2}{\pi^2} \frac{\Phi_0}{\lambda_J \cdot d}}$$

поле в центре солитона $\boxed{H(0) = \frac{\Phi_0}{\pi \lambda_J d}}$

$(L \gg \lambda_J)$!!

Короткий контакт: $L \ll \lambda_J$.

$$I_c(H) = j_c L \left| \frac{\sin\left(\frac{\pi \Phi}{\Phi_0}\right)}{\left(\frac{\pi \Phi}{\Phi_0}\right)} \right|$$

(*)

Задача 3 Вывести (*)

Задача 4 Крит. ток длин. перехода

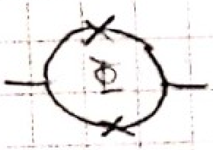
Динамика фазы в длинном переходе

$\varepsilon \ \delta_I$ S / S

$$\frac{1}{c_s^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{1}{\lambda_J^2} \sin\varphi = 0 \quad (**)$$

Вывести (**) и найти c_s (скорость Свихарта)

5 DC-SQUID



$$I = I_c \sin\varphi_1 + I_c \sin\varphi_2 = \underbrace{2 I_c \cos\frac{\pi\Phi}{\Phi_0}} \sin\left(\varphi_2 + \frac{\pi\Phi}{\Phi_0}\right)$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2\pi\Phi}{\Phi_0}$$

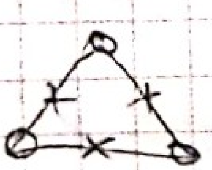
$$\boxed{\beta_L = 2\pi L I_c / \Phi_0}$$

$$\Phi = \Phi_{ext} - L I_{экр}$$

Задача 6: Найти $I_c(\Phi_{ext})$ при $\beta_L \ll 1$ и $\beta_L \gg 1$

$\boxed{\delta\Phi/\Phi_0 \sim 10^{-5}}$ $\delta B \sim 10^{-10}-10^{-11}$ Тл ; пиковольты

Задача ~~6~~ 7



$\beta_L \ll 1$; в какой области значений Φ имеется два минимума?

Как отличаются их энергии при $\Phi \simeq \frac{\Phi_0}{2}$?