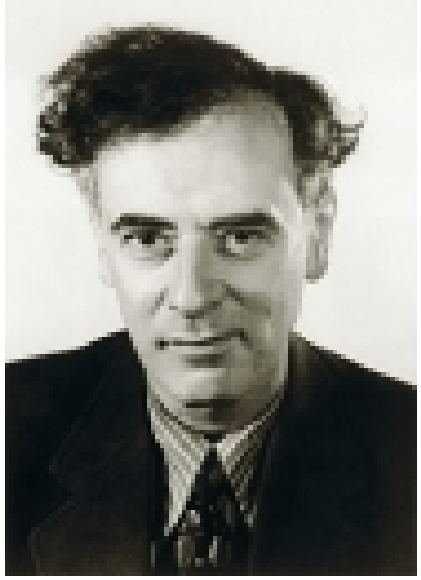
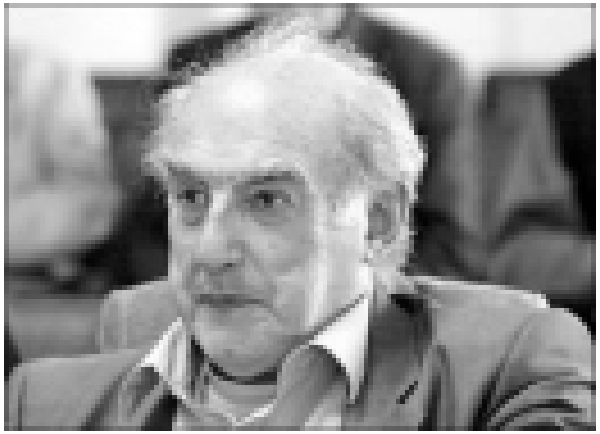
Теория Гинзбурга–Ландау.

ЖЭТФ, **20**, 1064 (1950)



Лев Давидович Ландау
1908 - 1968
Нобелевская премия по физике 1962 год



Виталий Лазаревич Гинзбург
1916
Нобелевская премия по физике 2003 год

Теория фазовых переходов второго рода

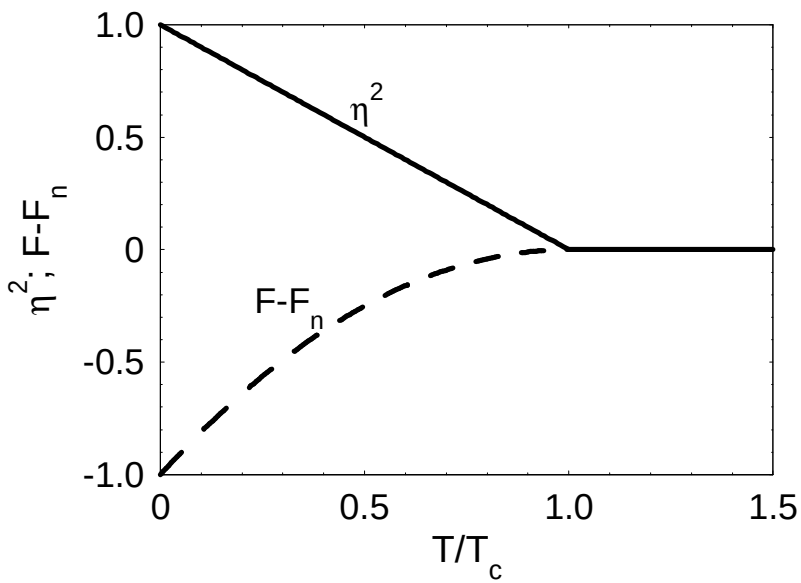
$f = f_n + a(T)h^2 + 0.5bh^4 + g(\tilde{N}h)^2$; $a(T) = a_0(T-T_c)/T_c$; $g > 0$; $b > 0$

f - плотность свободной энергии; $h(r)$- параметр порядка

Термодинамическая средняя величина $< h >= \dfrac{\sum_h h \exp(-\frac{F(h)}{k_B T})}{\sum_h \exp(-\frac{F(h)}{k_B T})}$

Минимум свободной энергии $\tilde{N}h = 0$; $df/dh = 2a(T)h + 4bh^3 = 0$

$h = 0$ при $T > T_c$; $h^2 = -a(T)/b = (a_0/b)(1-T/T_c)$; $f - f_n = -a^2(T)/2b$ при $T < T_c$



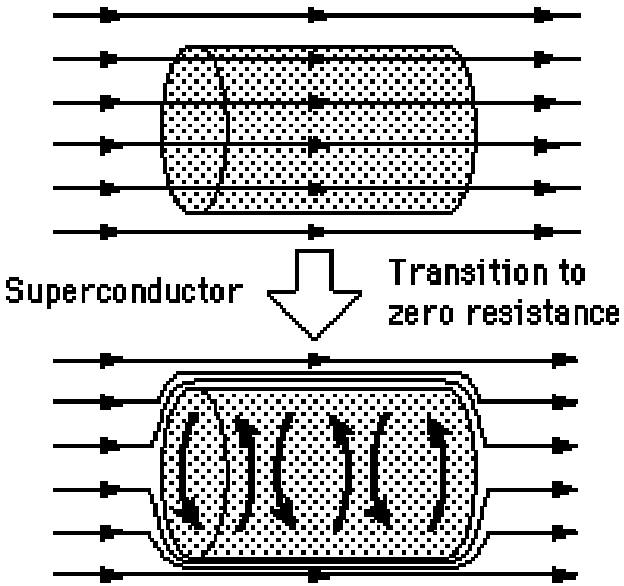
$S = -d(f - f_n)/dT = -(a_0^2/2b\,T_c)(1-T/T_c)$

$C = T(dS/dT) = Ta_0^2/2b\,T_c^2$

скачок теплоемкости при $T = T_c$

$DC = a_0^2/2b\,T_c$

Свободная энергия и уравнения Гинзбурга–Ландау.



Эффект Мейсснера может быть объяснен если сверхпроводящее состояние описывается односвязной волновой функцией $Y = |Y|\exp(ij) \Rightarrow h = Y$.

$p = mv + qA;\ p = h\tilde{N} j \Rightarrow g(\tilde{N}h)^2 = |(-ih\tilde{N} - qA)Y|^2/2m = (h\tilde{N} j - qA)^2|Y|^2/2m = |Y|^2 mv^2/2.$

$|Y|^2 = n_q$ - плотность носителей; $|Y|^2 mv^2/2$ - плотность кинетической энергии.

$$f - f_n = a(T)|Y|^2 + 0.5b|Y|^4 + |(-ih\tilde{N} - qA)Y|^2/2m + m_0H^2/2$$

$$f - f_n = a(T)|Y|^2 + 0.5b|Y|^4 \Rightarrow |Y|^2 = -a(T)/b \text{ при } T < T_c$$

$$f - f_n = -m_0H_c^2/2 = -a^2(T)/2b \Rightarrow H_c = [a_0/(m_0b)^{1/2}](1-T/T_c)$$

$$l_L^2 = m/m_0n_qq^2 = m/m_0|Y|^2q^2 = -mb/m_0a(T)q^2 \mu (1-T/T_c)^{-1}$$

$$a(T) = (q^2/m)B_c^2 l_L^2;\ b = (q^4m_0/m^2)B_c^2 l_L^4;\ B_c = m_0H_c$$

Первое уравнение Гинзбурга–Ландау

$$a(T)\,Y + b\,|Y|^3 Y + (-ih\tilde{N} - qA)^2 Y/2m = 0$$

Второе уравнение Гинзбурга–Ландау

$$j = \mathrm{rot}\,H = (-iqh/2m)(Y^*\tilde{N}\,Y - Y\tilde{N}\,Y^*) - (q^2 m_0/m)|Y|^2 A$$

$$Y = |Y|\exp(i\,j(r))$$

$$j = (q/m)|Y|^2(h\tilde{N}j - qA) = q|Y|^2 v_s$$

Длина когерентности и параметр теории Гинзбурга–Ландау

$f - f_n = a(T)|Y|^2 + |h\tilde{N}\,Y|^2/2m \Rightarrow f - f_n = |Y|^2 + |x(T)\,\tilde{N}\,Y|^2$; $x^2(T) = h^2/2m\,a(T)$

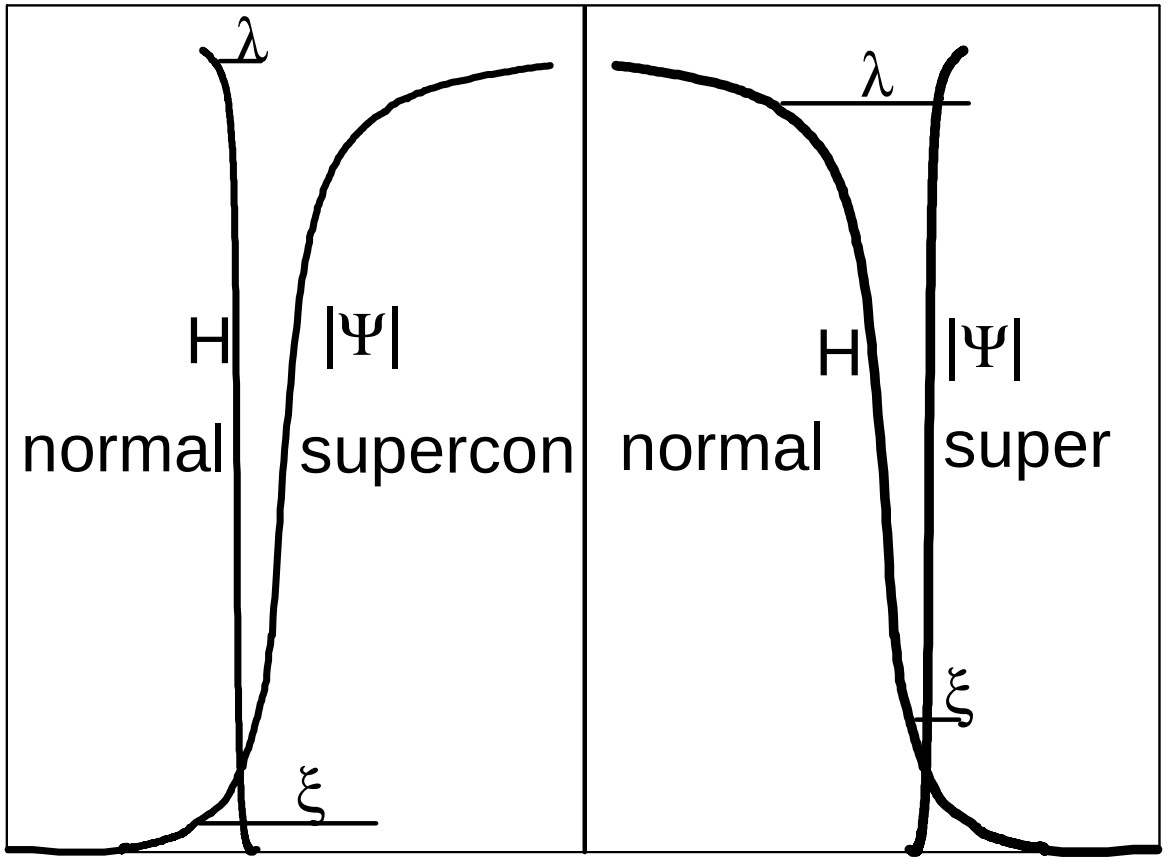
при $T > T_c$; $f - f_n = -|Y|^2 + |x(T)\,\tilde{N}\,Y|^2$; $x^2(T) = -h^2/2m\,a(T)$ при $T < T_c$;

$$l_L^2 = -mb/m_0 a(T) q^2;\quad F_0 = 2ph/q$$

$$l_L^2/x^2 = 2m^2 b/m_0 h^2 q^2 = 2B_c^2 l_L^4 q^2/h^2 = 8p^2 B_c^2 l_L^4/F_0^2$$

$$k = l_L/x = 2\ddot{O}2pB_c l_L^2/F_0$$

Энергия раздела между сверхпроводящей и нормальной областями



При $k = l_L/x < 1/\sqrt{2}$ энергия раздела имеет положительное значение

При $k = l_L/x > 1/\sqrt{2}$ энергия раздела имеет отрицательное значение

$k = l_L/x < 1/\sqrt{2}$ - сверхпроводники I рода

$k = l_L/x > 1/\sqrt{2}$ - сверхпроводники II рода