بررسی پارامترهای گذار فاز کوانتومی از حالت ابرشاره به نارسانای مات در یک شبکه مغناطیسی دایمی دو بعدی

پروین کریمی[1]، سعید قنبری[2]

[1]گروه فیزیک، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

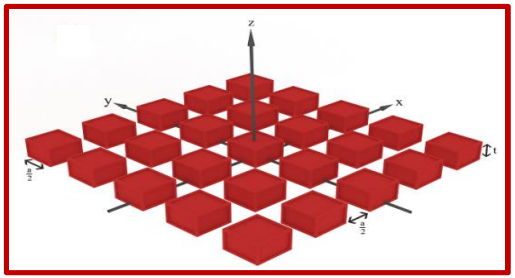
[2]زنجان، دانشگاه زنجان، دانشکده علوم، گروه فیزیک

استفاده از تقریب تابع موج نوسانگر هماهنگ ساده

به کار بردن مدل بوز – هابارد برای محاسبه برهم کنش درون سایتی **U** و عنصر ماتریسی تونل زنی **J**

استفاده از میدان های مغناطیسی خارجی در سه راستا و عبارت های تحلیلی بسامد های تله

در نظر گرفتن یک شبکه مغناطیسی دایمی دوبعدی تشکیل شده از بره های مربعی و مختصات مینیمم تله



$$\omega_i = \left(\frac{m_F g_F \mu_B}{m}\frac{\partial^2 B}{\partial x_i^{\,2}}\right)^{1/2}$$

$$\left.\frac{\partial^2 B}{\partial x^2}\right|_{\vec{r}_{min}} = \frac{k^2}{[(B_{1x}-B_{1y})^2/2+B_{1z}^{\,2}]^{1/2}}\left[\frac{B_{1x}}{2}(B_{1x}+B_{1y})+B_{1z}^2\left(\frac{B_{1x}+B_{1y}}{B_{1x}-B_{1y}}\right)+B_{1z}^2\left(\frac{B_{1x}+B_{1y}}{B_{1x}-B_{1y}}\right)^2\right]$$

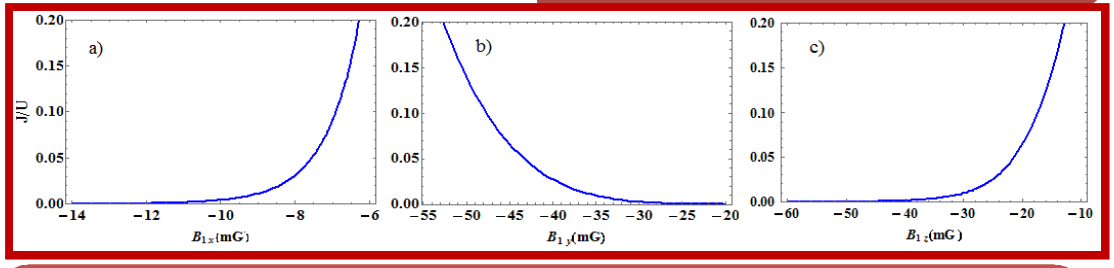
$$\left.\frac{\partial^2 B}{\partial y^2}\right|_{\vec{r}_{min}} = \frac{k^2}{[(B_{1x}-B_{1y})^2/2+B_{1z}^{\,2}]^{1/2}}\left[\frac{B_{1y}}{2}(B_{1x}+B_{1y})-B_{1z}^2\left(\frac{B_{1x}+B_{1y}}{B_{1x}-B_{1y}}\right)+B_{1z}^2\left(\frac{B_{1x}+B_{1y}}{B_{1x}-B_{1y}}\right)^2\right]$$

$$\left.\frac{\partial^2 B}{\partial z^2}\right|_{\vec{r}_{min}} = \frac{k^2(B_{1x}+B_{1y})^2}{2[(B_{1x}-B_{1y})^2/2+B_{1z}^{\,2}]^{1/2}}.$$

$$x_{min} = \frac{a}{2\pi}\cot^{-1}\left(\frac{2B_{1z}}{B_{1x}-B_{1y}}\right)$$

$$y_{min} = \frac{a}{2\pi}(\pi - kx_{min})$$

$$z_{min} = \frac{a}{2\pi}\ln\left(\frac{-2B_{01}|B_{1x}-B_{1y}|}{(B_{1x}+B_{1y})((B_{1x}-B_{1y})^2+4B_{1z}^{\,2})^{1/2}}\right)$$



نتایج نشان داد که با کاهش مولفه های B_{1x} و B_{1z} نسبت J/U زیاد و ارتفاع تله کم می شود و این روند در مورد B_{1y} برعکس است. همچنین در دسترس بودن مقدار بحرانی $J/U \simeq 0.06$ در این شبکهٔ مغناطیسی اثبات شد.

مدل بوز- هابارد مدلی برای توصیف گذار فاز کوانتومی، بین دو فاز ابرشاره با توزیع غیریکنواخت اتم های فراسرد در چاه های پتانسیل و نارسانای مات با توزیع یکنواخت است.

$$\hat{H} = -J\sum_{<i,j>}^{M}\hat{a}_i^{\dagger}\hat{a}_j + \frac{U}{2}\sum_{i=1}^{M}\hat{n}_i(\hat{n}_i-1) + \sum_{i=1}^{M}\varepsilon_i\hat{n}_i.$$

تعریف عنصر ماتریسی J به عنوان المان تونل زنی بین دو سایت مجاور i و j و برهم کنش درون سایتی **U**

$$J = -\int d^3x\,\omega^*(\vec{x}-\vec{x}_i)\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V_0(\vec{x})\right]\omega(\vec{x}-\vec{x}_j) \qquad U >> J \quad \text{فاز نارسانای مات}$$

$$U = g\int d^3x\,|\omega(\vec{x})|^4 \qquad J >> U \quad \text{فاز ابر شاره}$$

تقریب تابع موج نوسانگر هماهنگ ساده

$$\psi(\vec{x}) = \left(\frac{m}{\pi\hbar}\right)^{\frac{3}{4}}(\omega_x\omega_y\omega_z)^{\frac{1}{4}}e^{-m(\omega_x x^2+\omega_y y^2+\omega_z z^2)/2\hbar}$$

$$U_m(\vec{x}) = \frac{1}{2}m(\omega_x^2x^2+\omega_y^2y^2+\omega_z^2z^2).$$

نتیجه گیری

محاسبه پارامترهای گذار فاز کوانتومی در میکروتله های سه بعدی یک شبکه مغناطیسی دایمی دو بعدی با استفاده از روش تقریبی نوسانگر هماهنگ ساده

$$J = -\frac{\hbar}{2}e^{-((x_i-x_j)^2+(y_i-y_j)^2+(z_i-z_j)^2)/4}(\omega_x(1+x_ix_j)+\omega_y(1+y_iy_j)+\omega_z(1+z_iz_j))$$

$$U = a_s\left(\frac{2m\hbar\omega_x\omega_y\omega_z}{\pi}\right)^{1/2}.$$