پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

شماره مقاله : ۲۷

مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

مقایسه اثرمیدان مغناطیسی یکنواخت در دو راستای x وz بر ناهم خوانی کوانتومی هندسی درمدل هایزنبرگ XXZ

صفا جامی[1]،زهره حق پناه[2]

1-گروه فیزیک، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد،ایران

2-آموزشکده فنی و حرفه ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، مشهد،ایران

چکیده

در این مقاله سیستم دو ذره ای با اسپین1/2 را در مدل هایزنبرگ XXZ در نظر گرفته ایم. ابتدا اثر تغییر دما و ضریب ناهمگنی را بر ناهم خوانی کوانتومی هندسی بررسی کرده و سپس به سیستم میدان مغناطیسی یکنواخت اعمال کرده و در دوحالت میدان در راستای x و میدان در راستای z ناهم خوانی کوانتومی هندسی را بررسی کرده ایم.

معرفی مسأله

هامیلتونی سیستم دو ذره ای در مدل هایزنبرگ XXZ [1]، در حالت بدون میدان مغناطیسی به شکل زیر است:

$$H=J_1(S_{1x}S_{2x}+S_{1y}S_{2y})+J_2(S_{1z}S_{2z}) \quad \rightarrow \quad \text{اگر} \quad \alpha=\frac{J_2}{J_1} \quad \rightarrow H=S_{1x}S_{2x}+S_{1y}S_{2y}+\alpha(S_{1z}S_{2z})$$

α ضریب ناهمگنی سیستم است، برای این هامیلتونی ویژه مقادیر بصورت $\varepsilon_4=-2-\alpha$ و $\varepsilon_3=2-\alpha$ و $\varepsilon_1=\varepsilon_2=\alpha$ و ویژه بردارها به شکل $\Psi_1=|00\rangle,\Psi_2=|11\rangle, \Psi_3=\frac{|01\rangle+|10\rangle}{\sqrt{2}},\Psi_4=\frac{|01\rangle-|10\rangle}{\sqrt{2}}$ به دست می آیند. از روش داکیک [4] برای محاسبه ناهمخوانی کوانتومی هندسی استفاده می کنیم که براساس استفاده از ماتریس چگالی عام است و برای هرحالت دوکیوبیتی به شکل زیر تعریف می شود:

$$\rho=\frac{1}{4}\left[1^a\otimes 1^b+\sum_{i=1}^{3}(x_i\sigma_i\otimes 1^b+1^a\otimes y_i\sigma_i)+\sum_{i,j=1}^{3}t_{ij}\sigma_i\otimes\sigma_j\right]$$

که دراین روابط σ_j و σ_i ماتریس های پاولی هستند،1^a اپراتوریکه رویH^a و1^b اپراتوریکه رویH^b است و t و x و y ماتریس هایی به شکل زیراند:

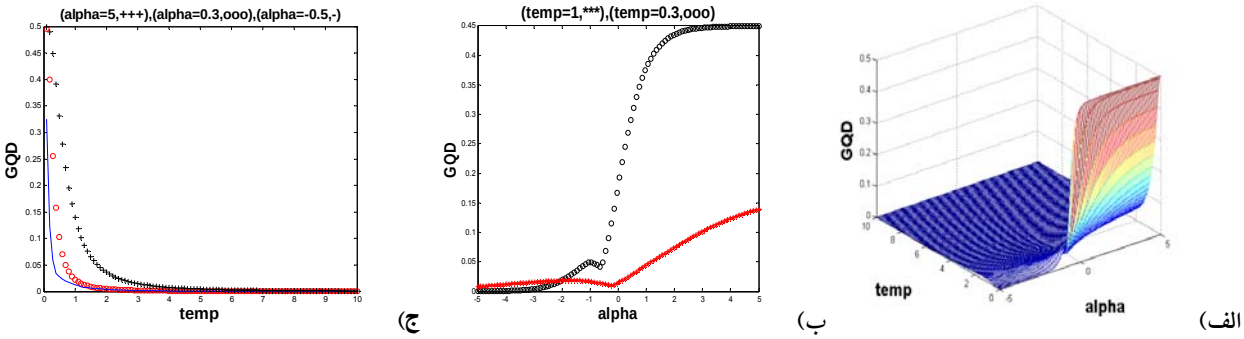
$$x_i=tr(\rho\sigma_i\otimes 1^b),\quad y_i=tr(\rho 1^a\otimes\sigma_i),\ t_{ij}=tr(\rho\sigma_i\otimes\sigma_j) \qquad (*)$$

$$GD=\min\|\rho-x\|^2 \quad , \quad \|\rho-x\|^2=\|\rho^2\|-2tr\rho x+\|x^2\| \quad , \quad GD=\frac{1}{4}(\|x\|^2+\|T\|^2-\lambda_{max})$$

به طوریکه λ_{max} بزرگترین ویژه مقدارماتریس xx^t+TT^t است و x و T در رابطه (*) تعریف شده است.

بخش اول: محاسبه GQD بدون حضور میدان مغناطیسی

ناهمخوانی کوانتومی هندسی (GQD) [2,3] را با استفاده از روش داکیک در[4]، محاسبه و تغییرات آن را بر حسب دما و α در نمودار 1رسم کرده ایم ،در نمودار 1-الف و1-ب می بینیم که با افزایش α مقدار GQD افزایش می یابد و در α ثابت هر چه α بیشتر باشد کاهش GQD دیرتر اتفاق می افتد. نمودار 1-الف و1-ج نشان می دهد با افزایش دما مقدار GQD کاهش یافته است.



ج) ب) الف)

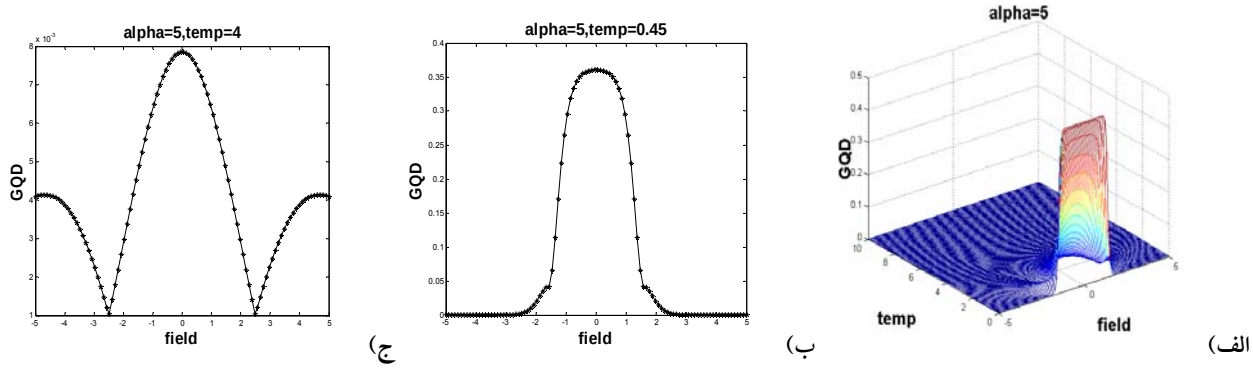
نمودار1- الف) ناهم خوانی کوانتومی هندسی برحسب α و دما، ب) ناهم خوانی کوانتومی هندسی برحسب α در دو دمای temp=0.3 و temp=1، ج) ناهم خوانی کوانتومی هندسی برحسب دما در سه مقدار $\alpha = 5$ و $\alpha = 0.3$ و $\alpha = -0.5$

بخش دوم: محاسبه GQD در حضور میدان مغناطیسی یکنواخت در راستای z

هامیلتونی سیستم دو ذره ای در مدل هایزنبرگ XXZ در حضور میدان مغناطیسی یکنواخت در راستای z به شکل زیر نوشته می شود:

$$H=S_{1x}S_{2x}+S_{1y}S_{2y}+\alpha S_{1z}S_{2z}+B_zS_{1z}+B_zS_{2z}$$

در نمودار2 -الف تغییراتGQD برحسب میدان و دما را در $\alpha = 5$رسم کرده و می بینیم که با افزایش دما ، GQD کاهش می یابد و با افزایش مقدار عددی میدان فارغ از علامت آن، GQD کاهش یافته است و سپس با ادامه افزایش میدان مقدار GQD افزایش پیدا می کند. درحالت میدان یکنواخت نسبت به حالت بدون میدان مقدار ماکزیمم GQD کاهش یافته است.



ج) ب) الف)

نمودار2- الف) ناهم خوانی کوانتومی هندسی در حضور میدان یکنواخت در راستایz برحسب دما و میدان درα=5، ب وج) ناهم خوانی کوانتومی هندسی در حضور میدان یکنواخت برحسب میدان در دما و α ثابت به ازای دو دما ب) temp=0.45 ج) temp=4

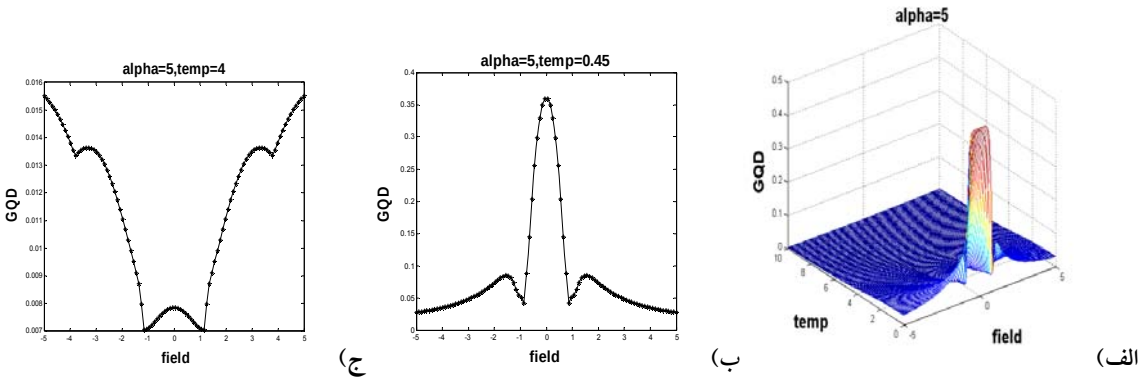
در نمودار2-ب وج می بینیم که GQD برحسب میدان متقارن است ودر α ثابت، در دمای temp=0.45 نمودار یک قله ای است اما رسم نمودار در دمای بالاتر temp=4 نشان دهنده یک قله مرکزی و دو قله کوچکتر در طرفین است، در این دما با افزایش میدان GQD کاهش محسوسی دارد و در ادامه با افزایش میدان مقدارGQD زیاد می شود.

بخش سوم: محاسبه GQD در حضور میدان مغناطیسی یکنواخت در راستایx

با اعمال میدان مغناطیسی یکنواخت در راستای x هامیلتونی سیستم دو ذره ای در مدل هایزنبرگ XXZ بشکل زیر خواهد شد:

$$H=S_{1x}S_{2x}+S_{1y}S_{2y}+\alpha\, S_{1z}S_{2z}+B_xS_{1x}+B_xS_{2x}$$

نمودار 3-الف تقارن GQD برحسب میدان را نشان می دهد و با افزایش میدان از دو طرف GQD کاهش می یابد اما به صفر نمی رسد، در دو نمودار 3-ب و 3-ج GQD برحسب میدان یک قله مرکزی در$B_x=0$ و دو قله درطرفین دارد که در3-ب قله مرکزی MAX است اما در 3-ج قله مرکزی کوچکتر از دو قله طرفین است.



ج) ب) الف)

نمودار3- الف) ناهم خوانی کوانتومی هندسی در حضور میدان یکنواخت در راستای x برحسب دما و میدان درα=5، ب وج) ناهم خوانی کوانتومی هندسی در حضور میدان یکنواخت برحسب میدان در دما و α ثابت به ازای دو دما ب) temp=0.45 ج) temp=4

نتیجه گیری

در این مقاله یک سیستم متشکل از دو ذره با اسپین $\frac{1}{2}$را در مدل هایزنبرگ xxz در نظرگرفتیم. ناهمخوانی کوانتومی هندسی را برای این سیستم محاسبه کرده، تغییرات آن را با تغییر پارامترهای دما و ضریب ناهمگنی α بررسی کردیم. مشاهده کردیم با افزایش دما مقدار ناهمخوانی کاهش می یابد و با افزایش α (α نسبت قدرت برهمکنش راستای z نسبت به دوراستای x وy) مقدار نا همخوانی تا حد اکثر مقدار خود 0.5 افزایش می یابد. سپس به این سیستم میدان مغناطیسی یکنواخت در دو راستایx و z اعمال کرده، تغییرات GQD را در این دو حالت مقایسه می کنیم، ملاحظه شد که درهر دو حالت در حضور میدان باز هم افزایش دما، باعث کاهش ناهمخوانی می شود و به طور کلی اعمال میدان مغناطیسی یکنواخت ناهمخوانی را کاهش می دهد. وقتی میدان در راستای z است با افزایش مقدار میدان، ناهمخوانی به سرعت کاهش و به سمت صفر میل می کند، اما در حالت میدان در راستای x افزایش میدان در دماهای پایین ناهمخوانی را صفر نمی کند و صفر شدن ناهمخوانی فقط در دماهای بالاتر اتفاق می افتد.

مرجع ها

[1] G. Rigolin, *Int. J. Quantum Inform.*, **02**, 393 (2004)
[2] H. Ollivier, W. H. Zurek, *Phys. Rev. Lett.*, **88**: 017901 (2001)
[3] K. Modi, A. Brodutch, H. Cable, T. Paterek, V. Vedral, *Rev.Mod. Phys*. **84,** 1655(2012)
[4] B.Dakic,V.Vedral,andC.Brukner,*Phys.Rev.Lett.***105,**190502(2010)