Archive of SID

بررسی تابع ایسگور – وایس برای معادله دی- کی - پی

رحمانی، سارا[۱] ؛ حسن آبادی، حسن[۱]

[۱] *دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران*

چکیده

در این مقاله معادله دی کی پی برای سیستم مزونی اسپین صفر با در نظر گرفتن پتانسیل کرنل به عنوان پتانسیل برداری حل شده است. مشتقات تابع ایسگور- وایس برای چند مزون در بازه های مختلف با به کارگیری معادله دی کی پی گزارش شده است. نتایج در توافق خوبی با مقالات منتشر شده است.

Study of the Isgur-Wise function for DKP equation

Rahmani, sara[1] ; Hassanabadi, Hassan[1]

[1] *Department of Physics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran*

Abstract

We solved the DKP equation with the Cornell interaction and we obtained meson wave function by using of NU method. We reported Isgur-Wise function derivatives for some zero spin mesons in different ranges.

PACS No.14

مقدمه

معادله دی-کی-پی در مقایسه با معادلات موج نسبیتی دیگر کمتر شناخته شده است. این معادله به دو فرم است که یک مورد برای ذارت با اسپین صفر و مورد دوم برای سیستم های با اسپین یک تحقیق شده است [۱]. معادله دی- کی- پی با اسپین صفر بیشتر شناخته شده است زیرا به فرم معادلات کلاین-گردن و پروکا در می آید. این معادله با برهمکنش های مختلف از جمله هولسن، نوسانی، کولمبی، خطی و... بررسی شده است [٤-۲] . در اینجا پتانسیل کرنل را برای حل این معادله مطالعه می کنیم. پتانسیل کرنل که شامل جمله خطی و کولمبی است در بیان ویژگی های مزونی اهمیت ویژه ای دارد. در سال های اخیر این پتانسیل در بیان ویژگی های مزون ازجمله جرم، ثابت واپاشی، پهنای واپاشی وکلیه خواص استاتیکی و دینامیکی موفقیت بسزایی داشته است[۵]. در سال های اخیر برای شناخت واپاشی های ضعیف هادرونی شامل یک کوارک سنگین مجرد تلاش شده است. برهمکنش های قوی همانند کوارک سنگین با کوارک های سبک و گلئون ها می توانند توسط تئوری میدان موثر که تحت تغییرات طعم و اسپین کوارک سنگین تغییرناپذیر است و شامل یک تابع عمومی (فرم فاکتور) به نام ایسگور-وایس می شود که تابع ایسگور-وایس برهم کنش های قوی کوارک ها و گلئون ها را شامل می شود [٦]. این تابع مستقل از جرم کوارک سنگین است و تنها به ضرب ناوردای چارسرعت حالت ابتدایی و نهایی هادرون ها بستگی دارد این تابع $\zeta(y)$ ، به عنوان تابع ایسگور- وایس شناخته می شود که در نقطه صفربازگشتی بهنجار شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

در بخش بعدی به حل معادله دی- کی- پی در حضور پتانسیل کرنل پرداخته و سپس با به کار بردن این تابع موج در تابع ایسگور-وایس، مشخصات سیستم مزونی را می یابیم.

حل معادله دی- کی- پی اسپین صفر

معادله دی - کی- پی برای ذرات با اسپین صفر با در نظر گرفتن پتانسیل اسکالر صفر به فرم زیر است [۱]

$$[\frac{d^2}{dr^2}-\frac{J(J+1)}{r^2}+(E_{n,J}-U_V{}^0)^2-m^2]F_{n,J}(r)=0 \quad (۱)$$

پتانسیل برداری را به فرم پتانسیل کرنل زیر در نظر می گیریم.

$$U_V{}^0=\alpha r-\frac{\beta}{r} \quad (۲)$$

هامیلتونی سیستم مورد نظرمان به صورت زیر است:

$$H=H_0+H' \quad (۳)$$

سهم اختلال در هامیلتونی سیستم مورد نظر را به شکل زیر می گیریم:

$$H'=\alpha^2r^2-2E_{n,J}\alpha r \quad (٤)$$

بنابراین تابع موج اصلی برای حالت پایه با توجه به متد NU [۷] به صورت زیر می شود.

$$F^0_{0,0}(r)=r^{\frac{1}{2}+\sqrt{\frac{1}{4}-\beta^2}}e^{-\sqrt{[2\alpha\beta-E_{n,J}{}^2+m^2]}r} \quad (۵)$$

ویژه انرژی حالت پایه به صورت زیر بدست خواهد آمد.

$$E_{0,0}=\frac{\sqrt{[2\alpha\beta+m^2]}[1+2\sqrt{[\frac{1}{4}-\beta^2]}}{\sqrt{4\beta^2+[1+2\sqrt{[\frac{1}{4}-\beta^2]}]^2}}. \quad (٦)$$

برای یافتن تابع موج اختلالی به شیوه زیر عمل می کنیم.

$$F'(r)=N'G(r)F^0_{0,0}(r) \quad (۷)$$

$$G(r)=\alpha^2\sum_{l=0}^{\infty}A_lr^{l+2}-2E\alpha\sum_{l=0}^{\infty}A_lr^{l+1} \quad (۸)$$

با به کارگیری اولین مرتبه اختلال در مکانیک کوانتومی [۸]، هامیلتونی سیستم و نیز معادله (۸)، ضرایب تابع سری و در نتیجه تابع موج اختلالی بدست خواهند آمد.

$$F'(r)=N'[\alpha^2(A_1r^3+A_2r^4+A_3r^5+A_4r^6) -2E_{0,0}\alpha(A_1r^2+A_2r^3+A_3r^4+A_4r^5)]F^0_{0,0}(r) \quad (۹)$$

$$A_0=0 \quad (۱۰)$$

$$A_1=\frac{\mu w'}{6E_{0,0}\alpha\hbar^2}, \quad (۱۱)$$

ضرایب تابع تا A_2 و A_3 و A_4 به صورت عددی در محاسبات در نظر گرفته شده است.

تابع موج کلی عبارت است از:

$$\Psi^{tot}(r)=N_3(F^0_{0,0}(r)+F'(r)) \quad (۱۲)$$

N_3 ثابت بهنجارش تابع موج کلی است.

یادآوری می شود، در محاسبات بالا مقادیر ضرایب پتانسیل به صورت زیر در نظرگرفته شده اند.

$$\alpha=0.183\ ,\ \beta=0.2933\ GeV^2$$

در شکل ۲ تابع موج حالت پایه برای یک مزون رسم شده است.

تابع ایسگور-وایس

در حد کوارک سنگین همه فرم فاکتورهای مزونی در فرم تابع عمومی مجرد به نام ایسگور-وایس شناخته می شوند.

تابع ایسگور-وایس به صورت زیر نوشته می شود [٦] .

$$\zeta(y)=1-\rho^2(y-1)+c(y-1)^2 \quad (۱۳)$$

برای تحلیل های معتبر تابع ایسگور-وایس ، دو ترم اول در بسط آن نیاز است که در فرض در نظر گرفته شود، بنابراین ضروری است که هم شیب و هم تحدب حساب شود.

برای مزون های با طعم نیمه-سنگین این تابع فرم زیر را دارد [۹].

$$\zeta(y)=\int_0^{\infty}4\pi r^2\,|\Psi^{tot}(r)|^2\cos(pr)dr \quad (۱٤)$$

پارامترهای تابع ایسگور-وایس به صورت زیر تعریف می شوند که به عنوان شعاع باری و تحدب شناخته می شوند.

$$\rho^2=-\frac{\delta\xi(y)}{\delta y}|_{y=1}\ ,\ c=\frac{\delta^2\xi(y)}{\delta y^2}|_{y=1} \quad (۱۵)$$

با استفاده از روابط زیر مشتقات تابع ایسگور- وایس معرفی می شوند.

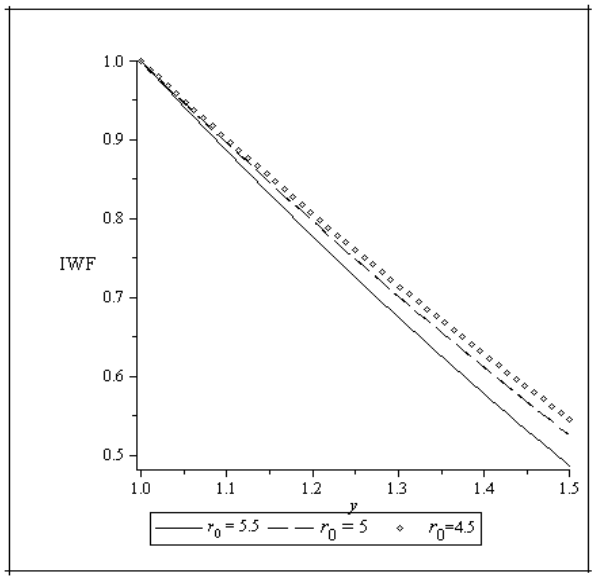
$$\rho^2=4\pi\mu^2\int_0^{\infty}r^4\,|\Psi(r)|^2\,dr, \quad (۱٦)$$

$$c=\frac{2}{3}\pi\mu^4\int_0^{\infty}r^6\,|\Psi(r)|^2\,dr,$$

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اینکه ما از معادله دی-کی-پی با اسپین صفر استفاده کردیم، مقادیر عددی این پارامترها برای مزون B با اسپین صفردر جدول های ۱و۲ آورده شده است. تغییرات تابع ایسگور-وایس برای این مزون در شکل ۱ آمده است.



شکل۱ : تغییرات تابع ایسگور-وایس برای مزون B در سه بازه رسم شده است.

جدول۱ : شیب تابع ایسگور-وایس در بازه های مختلف برای مزون B

r_0	ρ^2 (*ours*)
۳,۰	۰,۵۸۹۵
۳,۵	۰,۷۵۸٤
٤,۰	۰,۹۰۹۲
٤,۵	۱,۰۰۸۳
۵,۰	۱,۰۵۹۱
۵,۵	۱,۱٦٦۳
٦,۰	۱,۳٦۷۹
٦,۵	۱,٦۰٤۸
۷,۰	۱,۸٤۱۲
۷,۵	۲,۰٦۲۱
۸,۰	۲,۲۵۵٤

جدول۲ : پارامتر تحدب تابع ایسگور-وایس در بازه های مختلف برای مزون B

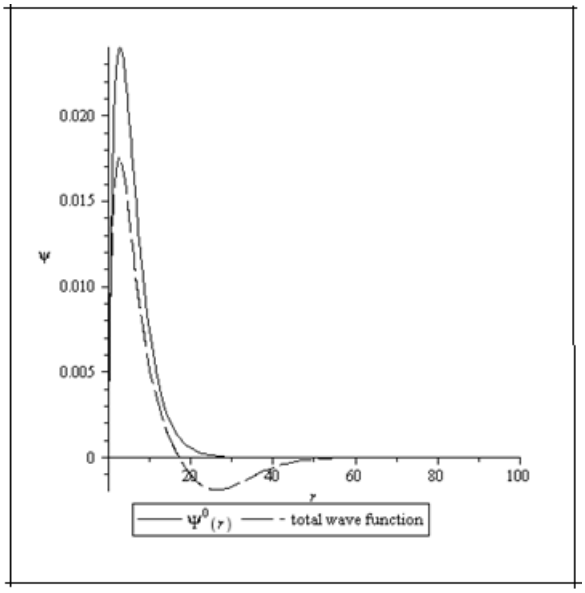
r_0	c (*ours*)
۳,۰	۰,۰٦٤۷
۳,۵	۰,۱۰۸۷
٤,۰	۰,۱۵۹۱
٤,۵	۰,۱۹۸٦
۵,۰	۰,۲۲۰۰
۵,۵	۰,۲۷۹۳
٦,۰	۰,٤۱۸۲
٦,۵	۰,٦۱٦۲
۷,۰	۰,۸۵۳٦
۷,۵	۱,۱۱۷۹
۸,۰	۱,۳۹۲۲

نتیجه گیری

ما در این مقاله تابع موج مزونی را از حل معادله دی-کی-پی اسپین-صفر بدست آورده ایم. تغییرات تابع ایسگور-وایس را برای مزون B نشان داده ایم. درنقطه y=1 تابع ایسگور-وایس مقدار یک را دارد که با انتظار ما از این تابع سازگار است. پارمترهای این تابع برای چند بازه محاسبه شده است. نتایج در توافق بسیار خوبی با سایر مدل ها و مقالات است. در جدول ۱ در بازه ۳,۵ مقدار پیش بینی شده ما برای پارامترشیب تابع ایسگور-وایس با [۱۰] ۰,۸۳ گزارش شده، همخوانی دارد. در بازه ٤,۵، مقدار بدست آمده برای پارامتر شیب ۱,۰۰۸۳ است که با نتیجه ۱,۰٤ [۱۱] توافق دارد. همچنین پارامتر تحدب محاسبه شده در [۱۱] ۱,۳٦ می باشد که در توافق با نتیجه ۱,۳۹۲۲ از پارامتر تحدب بدست آمده در محاسبات ماست. همانطور که مشخص است نتایج ما با این مقادیر سازگاراست.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲ : تابع موج حالت پایه برای مزون B

مرجع‌ها

[۱] N. Kemmer; " Proc. R. Soc. A"; **173** (1939) 91.

[۲] H. Hassanabadi, Z. Molaee and S. Zarrinkamar; *"Eur. Phys. J. C"*; **72** (2012) 2217.

[۳] H. Hassanabadi, B. H. Yazarloo, S. Zarrinkamar and A. A. Rajabi; *"Phys. Rev. C"*; **84** (2011) 064003.

[٤] F. Yaşuk, C. Berkdemir, A. Berkdemir and C. Önem; *" Physica Scripta"*; **71** 4 (2005) 340–343.

[٥] E. Eicheten et al; *"Phy. Rev. D"*; **17** (1978) 3090; *"Phy. Rev. D"*; **21** (1980) 203.

[٦] N. Isgur and M. B. Wise; *"Phys. Lett. B"*; **232** (1989) 113.

[۷] C. Tezcan and R. Sever; *"Int. J. Theor. Phys."*; **48** (2009) 337.

[۸] R. L. Liboff; "*Introduction to Quantum Mechanics*", 5th edition, Addision-Wesley.(1992) New York.

[۹] F. E. Close and A. Wambach; "*Nucl. Phys. B"*; **412** (1994) 169.

[۱۰] F. Jugeau, A. Le Yaouanc, L. Oliver, and J. –C. Raynal; *"Phys. Rev . D"*; **72** (2005) 094010.

[۱۱] D. Ebert et al; *"Phys. Rev. D"*; **75** (2007) 074008.

www.SID.ir