

دانشگاه مفتح اربوئی

دانشکده علوم

گروه فیزیک

عنوان:

درهم تنیدگی کوانتومی در فیزیک ذرات بنیادی

استاد راهنما:

دکتر قادر نجارباشی

استاد مشاور:

دکتر فرهاد ذوالفقاریپور

پژوهشگر:

سودا میرزائی

شهریور ۱۳۸۹

نام خانوادگی: میرزائی	نام: سودا
عنوان پایان نامه: درهم تنیدگی کوانتومی در فیزیک ذرات بنیادی.	
استاد راهنما: دکتر قادر نجارباشی استاد مشاور: دکتر فرهاد ذوالفقارپور	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: فیزیک بنیادی دانشگاه: محقق اردبیلی	
دانشکده: علوم	تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۹/۶/۲۵
تعداد صفحه: ۱۵۳	
واژه‌های کلیدی: حالات بل، GHZ و W، درهم تنیدگی کوانتومی، ذرات بنیادی، کوآرک، مزون، نقض CP، هشت تایی باریون.	
چکیده:	
<p>در این پایان نامه درهم تنیدگی کوانتومی را در برخی ذرات همچون کائون، B-مزون، فوتون و نوترینو با جزئیات مطالعه می‌کنیم. برای این منظور از انواع نامساوی‌ها نظیر نامساوی‌های بل (Bell)، CHSH، CH و ویگنر استفاده می‌کنیم و آن‌ها را به نقض CP، در ذرات ارتباط می‌دهیم. با در نظر گرفتن ساختار کوآرکی، مقدار درهم تنیدگی را در هشت تایی باریون‌ها محاسبه می‌کنیم. همان محاسبات را با در نظر گرفتن درجه آزادی رنگ برای حالت‌های پادمتقارن باریون‌ها و حالت‌های متقارن مزون‌ها انجام می‌دهیم. در پایان به علت غیر هرمیتی بودن هامیلتونین‌ها در ذرات، که از ناپایداری ذرات ناشی می‌شود، درهم-تنیدگی حالات بل (Bell)، GHZ و W را برای سیستم‌های غیر هرمیتی محاسبه می‌کنیم.</p>	

فهرست مندرجات

۱ درهم تنیدگی کوانتومی

۲	.....	۱,۱ کیوبیت
۳	.....	۲,۱ کره بلوخ
۴	.....	۳,۱ ماتریس چگالی
۴,۱	۹	..... درهم تنیدگی و جداپذیری
	۱۱	..... ۱,۴,۱ درهم تنیدگی حالات خالص
	۱۳	..... ۲,۴,۱ درهم تنیدگی حالات آمیخته
	۱۳	..... ۳,۴,۱ حالات W و GHZ
	۱۴	..... ۴,۴,۱ معیار درهم تنیدگی
۵,۱	۱۵	..... سنجه‌های درهم تنیدگی
	۱۶	..... ۱,۵,۱ آنتروپی فون نویمن
	۱۷	..... ۲,۵,۱ میانگین آنتروپی فون نویمن
	۱۹	..... ۳,۵,۱ لگاریتمیک نگاتیویتی
	۲۰	..... ۴,۵,۱ میانگین لگاریتمیک نگاتیویتی
	۲۱	..... ۵,۵,۱ فاصله‌ها
	۲۲	..... ۶,۵,۱ تلاقی
	۲۲	..... ۷,۵,۱ وفاداری
	۲۳	..... ۶,۱ پارادوکس EPR

الف

۲۶	.....	۱,۷ نامساوی BELL
۲۹	.....	۸,۱ نامساوی CHSH
۳۲	.....	۹,۱ نامساوی CH
۳۴	.....	۱۰,۱ نامساوی ویگنر

۲ مقدمه‌ای بر ذرات بنیادی

۳۶	.....	۱,۲ طبقه‌بندی ذرات بنیادی
۴۰	.....	۲,۲ تقارن‌ها و قوانین بقا
۴۴	.....	۳,۲ کائون‌ها
۴۵	.....	۱,۵,۱ دینامیک سیستم K^0 و \bar{K}^0
۴۶	.....	۲,۵,۱ انواع ویژه حالات کائون
۴۸	.....	۳,۵,۱ نقض CP
۵۱	.....	۴,۵,۱ نوسان کائون‌ها
۵۲	.....	۵,۵,۱ بازتولید کائون‌ها

۳ درهم‌تنیدگی کوانتومی در

ذرات

۵۴	.....	۱,۳ تست نظریه متغیر نهان محلی در فیزیک انرژی‌های بالا
۵۵	.....	۲,۳ نامساوی بل برای کائون‌ها

ب

۶۹	.....	نامساوی بل برای مزون B	۳,۳
۷۱	.....	نامساوی بل برای فوتونها	۴,۳
۷۴	.....	حالات درهم-تنیده چند جزئی در اختلاط نوترینوها	۵,۳
۷۹	.....	حالات W تعمیم یافته در اختلاط طعم	۱,۵,۳
۸۱	.....	خواص همبستگی حالات $|\bar{W}^{(3)}(\tilde{\theta}^{\max}; \tilde{\delta})\rangle$	۲,۵,۳
۸۵	.....	اهمیت کاربردی درهم‌تنیدگی تک ذره در نوسان‌های نوترینو با در نظر گرفتن تحول زمانی	۶,۳
	.....	محاسبه درهم‌تنیدگی ذرات با در نظر گرفتن	۷,۳
			۹۴
۹۹	.....	آنتروپی حالت‌های کوارکی $SU(3)_c$	۸,۳

۴ هامیلتونین‌های شبه هرمیتی و تقارن PT

۱۰۴	.....	هامیلتونین‌های شبه هرمیتی	۱,۴
۱۰۸	.....	هامیلتونین‌های شبه هرمیتی با ویژه پایه‌های دو اورتونرمال کامل	۲,۴
۱۱۱	.....	یک مشخصه کامل هامیلتونین‌های غیر هرمیتی با طیف حقیقی	۳,۴

ج

۱۱۳	..... نظریه کوانتومی غیر هرمیتی و تقارن	۴,۴
۱۱۵	..... بیت کوانتومی PT-مقارن	۵,۴
۱۱۷	..... درهم‌تنیدگی در نظریه کوانتومی غیر هرمیتی	۶,۴
۱۲۱	..... تولید درهم‌تنیدگی با هامیلتونین‌های غیر هرمیتی	۷,۴
۱۲۳	..... حالات هم‌دوس فرمیونی با هامیلتونین شبه هرمیتی	۸,۴
۱۲۳	..... ۱,۸,۴ متغیرهای گراسمن تعمیم یافته	
	..... ۲,۸,۴ حالت‌های ماکسیمال درهم‌تنیده با هامیلتونین شبه هرمیتی	
	..... ۳,۸,۴ درهم‌تنیدگی	۱۲۵
		۱۲۹

۱۳۵	پیوست
۱۴۶	واژه‌نامه
۱۴۹	مراجع

مقدمه

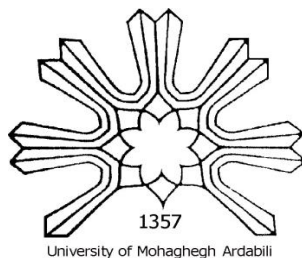
درهم تنیدگی همبستگی کوانتومی دو یا چند ذره است که به طور فضایی از هم جدا شده باشند. در حالت های درهم تنیده، حالت های کوانتومی هر ذره بایستی با اشاره به دیگر ذرات توصیف شود. بنابراین نتایج اندازه گیری همبسته می باشد. درهم تنیدگی یکی از شگفت انگیزترین پدیده های مکانیک کوانتومی می باشد که در ابتدا مورد اعتراض شدید انیشتین، پودولسکی و روزن قرار گرفت. به طوریکه آن ها در سال ۱۹۳۵ در مقاله معروف خود کامل بودن مکانیک کوانتومی را زیر سوال بردند [۱۶]. آن ها بر این عقیده بودند که وجود چنین پدیده هایی در مکانیک کوانتومی دلیل بر نقص مکانیک کوانتومی می باشد در این راستا نظریه متغیرهای نهان را مطرح کردند که با استفاده از آن می توان نظریه کاملی بدون اثرات غیر موضعی که مکانیک کوانتومی پیش بینی می کند، بوجود آورد. در ادامه تلاش های زیادی برای توسعه متغیرهای نهانی صورت گرفت که مهم ترین آن ها توسط بوهم انجام شد. در سال ۱۹۵۱ بوهم سیستمی با دو ذره اسپین $\frac{1}{2}$ درهم تنیده که به طور فضاگونه از هم جدا هستند را در نظر گرفت که مشخصه اصلی پارادوکس EPR را نشان می داد [۱۳]. از طرفی بل در سال ۱۹۶۴ نشان داد که همه تلاش ها برای توسعه نظریه متغیرهای نهان محکوم به شکست است [۴]. بل نشان داد که با در نظر گرفتن چنین نظریه ای (متغیرهای نهان) می توان نامساوی را بدست آورد که پیشگویی های مکانیک کوانتومی آن را نقض می کرد که بعد از مقاله بل این مسئله مورد بررسی علاقه مندان زیادی قرار گرفت که همگی صحت این مسئله را تایید می کردند. در سال های اخیر درهم تنیدگی کوانتومی در فرآیندهای اطلاعات کوانتومی مانند رمزنگاری، انتقال از راه دور و نیز محاسبات کوانتومی و غیره نقش وسیعی را ایفا کرده است.

فیزیک ذرات، علم مطالعه اجزای بنیادی تشکیل دهنده ماده و برهمکنش بین آن هاست [۱۹،۹]. اینکه کدام ذرات، بنیادی محسوب می شوند با دانش فیزیکدانان تغییر و توسعه یافته است. بشر تا قرن نوزدهم کوچک ترین جزء تشکیل دهنده ماده را اتم فرض می کرد ریشه یونانی کلمه اتم به معنای غیر قابل تقسیم می باشد و فکر می شد اتم ها آخرین ساختار غیر قابل تقسیم از ماده می باشند بنابراین اتم ها را به عنوان ذرات بنیادی در نظر گرفتند. یکی از موفقیت های اصلی فیزیک در قرن بیستم این بود که آشکار ساخت اتم ها ذرات بنیادی و غیر قابل تقسیم نیستند بلکه خود اتم ها دارای ساختار پیچیده ای هستند. اتم شامل یک هسته کوچک و متراکم است که به وسیله یک ابر از الکترون ها احاطه شده است. سرانجام مشخص شد که خود هسته می تواند به ذرات دیگری (پروتون ها و نوترون ها) شکسته می شود. در دهه اخیر مشخص شد که این ذرات نیز دارای ساختار پیچیده ای هستند، آن ها از ذرات دیگری بنام کوارک تشکیل شده اند. مدل جدید که مدل استاندارد نامیده می شود ذرات را به دو گروه اصلی تقسیم می کند، بوزون ها و فرمیون ها. بوزون ها ذرات با اسپین ذاتی صحیح هستند که از آمار بوز انیشتین تبعیت می کند که همان واسطه ها هستند مثل فوتون، Z^0 و W^\pm و گلوئون ها. فرمیون ها ذرات با اسپین ذاتی نیم صحیح هستند که از آمار فرمی دیراک تبعیت می کنند و به دو دسته تقسیم می شوند، لپتون ها و کوارک ها. لپتون ها شامل شش جفت ذره و پاد ذره هستند که جفت جفت

تولید می شوند. کوارک ها ساختار تشکیل دهنده هادرون ها هستند که به دو دسته تقسیم می شوند، مزون ها و باریون ها. پایان نامه حاضر شامل چهار فصل است:

- در فصل اول به معرفی درهم تنیدگی کوانتومی و سنجه های مختلف درهم تنیدگی کوانتومی پرداخته و با مطرح کردن پارادوکس EPR، انواع نامساوی ها اعم از نامساوی بل، CHSH، CH و ویگنر را بدست می آوریم.
- در فصل دوم به مطالعه و طبقه بندی ذرات بنیادی پرداخته و تقارن های گسسته پاریته، وارونی زمانی و همیوگی بار را معرفی کرده و به بررسی سیستم های مزونی کائون خنثی می پردازیم.
- در فصل سوم درهم تنیدگی کوانتومی را در سیستم ذرات بررسی نموده و نامساوی بل را برای سیستم های کائونی، B-مزون و فوتون ها بدست می آوریم و در ادامه درهم تنیدگی کوانتومی را در اختلاط ذرات مطالعه نموده به بررسی سیستم نوترینو می پردازیم.
- در فصل چهارم به مطالعه هامیلتونین های شبه هرمیتی و تقارن PT پرداخته و با توجه به غیر هرمیتی بودن هامیلتونین ها در ذرات که ناشی از ناپایدار بودن ذرات می باشد، درهم تنیدگی حالات بل، GHZ و W را برای سیستم های غیر هرمیتی محاسبه می کنیم.

Surname: Mirzaei	Name: Sevda
Title of thesis: Quantum Entanglement in Elementary Particle Physics	
Supervisors: Dr. Ghader Najarbashi Advisor: Dr. Farhad Zolfagharpour	
Graduate Degree: MSc	Major: Theoretical Physics
University: of Mohaghegh Ardabili	Faculty: of science
Graduation date: 2010/9/25	Number of pages: 153
Keywords: Bell, GHZ, W States, Elementary Particles, CP violation, Meson, Octet baryon, Quantum Entanglement, Quark.	
Abstract: In this Thesis, we study the quantum entanglement in some particles consisting of kaon, B-meson, photon and neutrino in details. To this aim, we use different kinds of inequalities such as Bell, CHSH, CH and Wigner inequalities. And relate them to CP violation in particles. By considering the quark structure we calculate the amount of entanglement in octet baryons. The same calculation have been established by considering the colour degree of freedom in antisymmetry states of baryons and symmetry states of mesons. At the end, due to the non-Hermiticity of Hamiltonian in particles which come from the unstability of particles, we calculate the entanglement of pseudo Bell, GHZ, W the states for non-Hermitian systems.	



Faculty of Sciences
Department of Physics

Title

Quantum entanglement in elementary particle physics

Supervisor

Dr. Ghader Najarbashi

Advisor

Dr. Farhad Zolfagharpour

By

Sevda Mirzaei

University of Mohaghegh Ardabili

September 2010