

مبانی درهم‌تنیدگی کوانتومی در سیستم‌های بس‌ذره‌ای

www.ketab.ir

پدیدآورنده:
حمیدرضا البرزیا

سرشناسه:	البرز نیا، حمیدرضا، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآورنده:	مبانی درهم‌تنیدگی کوانتومی در سیستم‌های بس‌ذره‌ای / حمیدرضا البرز نیا
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء، (ص)، انتشارات، ۱۴۰۰
ویراستار علمی:	سیدتقی محمدی - علی شیرپای
مشخصات ظاهری:	۱۳۲ ص.: ممبر، نمودار
شابک:	۹۷۸-۶۲۲-۷۲۸۷-۳۶-۳
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیبیا
یادداشت:	کتابنامه
موضوع:	کوانتوم
موضوع:	Quantum theory
موضوع:	کوانتوم - مسائل، تمرین‌ها و غیره
موضوع:	Quantum theory -- Problems, exercises, etc
موضوع:	مساله چند جسمی
موضوع:	Many-body problem
موضوع:	مساله چند جسمی مسائل، تمرین‌ها و غیره
موضوع:	Many-body problem -- Problems, exercises, etc
شناسه افزوده:	محمدی، سیدتقی، ۱۳۵۸ -، ویراستار
شناسه افزوده:	شیرپای، علی، ۱۳۵۶ -، ویراستار
شناسه افزوده:	دانشگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء، (ص)، انتشارات
رده‌بندی کنگره:	QC۱۷۴۲۲
رده‌بندی دیویی:	۵۳۰ / ۱۲
شماره کتابشناسی ملی:	۸۴۲۵۳۶۲



عنوان کتاب: مبانی درهم‌تنیدگی کوانتومی در سیستم‌های بس‌ذره‌ای
پدیدآورنده: حمیدرضا البرز نیا
طراح چلد و صفحه‌آرا: امیررضا مقیم‌بیگلر
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۲۸۷-۳۶-۳
شمارندگان: ۱۰۰۰
قطع: وزیری
قیمت: ۳۰۰۰۰۰ ریال
ناشر: انتشارات دانشگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء، (ص)
چاپ اول: ۱۴۰۰

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ می‌باشد و هرگونه چاپ، تکثیر، یا بازنشر اثر بدون مجوز ناشر به هر شکل، اعم از افست، ریسوگراف یا زیراکس به‌مورت متن کامل یا خلاصه‌شده تحت هر عنوان اعم از کتاب، جزوه یا وسیله کمک‌آموزشی در فضای واقعی یا مجازی ممنوع و موجب پیگرد قانونی است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	پیشگفتار.....
۳	فصل اول: مقدمه‌ای بر اطلاعات کوانتومی.....
۳	۱-۱ مقدمه.....
۷	فصل دوم: مبانی اطلاعات کوانتومی و درهم‌تنیدگی و کاربرد آن در انتقال از راه دور کوانتومی.....
۷	۱-۲ نظریه اطلاعات کوانتومی.....
۷	۲-۲ درهم‌تنیدگی کوانتومی.....
۹	۱-۲-۲ مبانی و مقدمات درهم‌تنیدگی و جدایی‌پذیری.....
۱۲	۲-۲-۲ درهم‌تنیدگی و جدایی‌پذیری.....
۱۴	۳-۲ ملاک‌های تشخیص درهم‌تنیدگی.....
۱۵	۱-۳-۲ معیارهای عملیاتی.....
۲۳	۲-۳-۲ معیارهای غیرعملیاتی.....
۲۴	۴-۲ مقیاس‌های درهم‌تنیدگی.....
۲۴	۱-۴-۲ آنتروپی فون نیومن.....
۲۵	۲-۴-۲ مقیاس درهم‌تنیدگی قابل تقطیر و مقیاس هزینه درهم‌تنیدگی.....
۲۷	۳-۴-۲ درهم‌تنیدگی ساختار.....
۳۵	۵-۲ انتقال از راه دور اطلاعات کوانتومی.....
۳۶	۶-۲ توصیف مبنایی از انتقال از راه دور اطلاعات کوانتومی.....
۴۲	۷-۲ ضرورت نیاز به درهم‌تنیدگی در ارسال اطلاعات کوانتومی.....
۴۴	۸-۲ توصیف اصول موضوعه اطلاعات کوانتومی بر درهم‌تنیدگی.....
۴۷	فصل سوم: خالص‌سازی درهم‌تنیدگی.....
۴۷	۱-۳ روش افزایش درهم‌تنیدگی و تعیین کمیت آن.....
۴۷	۲-۳ خالص‌سازی درهم‌تنیدگی یک حالت کوانتومی.....
۵۳	۳-۳ خالص‌سازی حالت‌های خالص.....

۵۷.....	فصل چهارم: پیمانه‌های درهم‌تندگی برای محاسبه میزان درهم‌تندگی
۵۷.....	۱-۴ پیمانه‌های درهم‌تندگی
۵۸.....	۲-۴ ویژگی‌های اصلی پیمانه‌های درهم‌تندگی
۶۱.....	۳-۴ معرفی انواع پیمانه درهم‌تندگی
۶۹.....	فصل پنجم: ارتباط قوانین اطلاعات کوانتومی و درهم‌تندگی با ترمودینامیک
۶۹.....	۱-۵ ترمودینامیک درهم‌تندگی
۶۹.....	۲-۵ فرایندهای برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر
۷۲.....	۳-۵ نتایج عدم افزایش درهم‌تندگی تحت عملیات محلی
۷۵.....	فصل ششم: درهم‌تندگی کمکی
۷۵.....	۱-۶ مفهوم درهم‌تندگی کمکی
۷۷.....	۲-۶ ماکزیمم احتمال تطبیق یک حالت بل از حالت سه‌تایی اولیه
۷۸.....	۳-۶ رده A
۷۸.....	۴-۶ شرایط رده A
۸۰.....	۵-۶ اندازه رده A
۸۰.....	۱-۵-۶ روش تحلیلی
۸۲.....	۲-۵-۶ روش عددی
۸۷.....	فصل هفتم: محاسبه درهم‌تندگی سیستم هم‌بسته قوی الکترونی در حضور میدان مغناطیسی
۸۷.....	۱-۷ محاسبه میزان درهم‌تندگی یک جفت کوپر در ابررسانای موج S
۱۱۱.....	فصل هشتم: یافته‌های محاسباتی و تحقیقاتی
۱۱۵.....	پیوست: جبر خطی
۱۲۱.....	واژه‌نامه
۱۲۳.....	فهرست منابع

پیشگفتار

نیاز جامع بشری به رایانه‌هایی که قادر به اجرای الگوریتم‌هایی در راستای تحلیل رمزنگاری و رمزگشایی باشد، منجر به ظهور دانش اطلاعات کوانتومی بر پایه قوانین مکانیک کوانتومی گردیده است. مکانیک کوانتومی یک تئوری غیر کلاسیک است و نمایش نتایج بسیاری از اثرات آن غیرشهودی است. در مکانیک کلاسیک ذرات می‌توانند در فواصل طولانی به‌سادگی به هم مرتبط و هم‌بسته باشند زیرا یک ناظر می‌تواند سیستمی در حالت خاص را فراهم سازد و سپس به ناظر دیگر فراهم کردن حالتی مشابه حالت خود را بیاموزد. به‌هرحال تمام این هم‌بستگی‌ها که از این روش به وجود می‌آیند می‌تواند قابل استفاده در توزیع احتمال کلاسیکی و شهود کلاسیکی باشد. این وضعیت به‌طور مهیجی زمانی تغییر می‌کند که ما سیستم‌های هم‌بسته در مکانیک کوانتومی را بررسی می‌کنیم.

امروزه می‌توان بیان نمود که نظریه اطلاعات کوانتومی یک دانش میان‌رشته‌ای است که ترکیبی از مکانیک کوانتومی، نظریه اطلاعات، مخابرات و علوم رایانه‌ای می‌باشد. اطلاعات به خاطر ماهیت فیزیکی که دارند، معمولاً در یک محیط فیزیکی (محلی) ذخیره می‌شوند و توسط فرایندهای فیزیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. لذا طراحی رایانه‌ها و وسایل مخابراتی رایج بر مبنای فیزیک کلاسیک استوار است اما در اکثر موارد، قوانین فیزیک کلاسیک ناقص و غلط بوده و باید قوانین جامع فیزیک کوانتومی را جایگزین آن‌ها نمود. هدف اصلی تئوری اطلاعات کوانتومی تحقیقات در این زمینه و درک نقش قوانین کوانتومی در پردازش اطلاعات کوانتومی است. تفاوت اصلی اطلاعات کلاسیکی با اطلاعات کوانتومی همان تفاوت‌های اساسی در فیزیک کلاسیکی با فیزیک کوانتومی است از قبیل: تداخل یا اصل برهم‌نهشتی، اصل عدم قطعیت و غیره. این قوانین و مسائل بنیادی منتج به تبدیلات درهم‌تنیدگی می‌شوند، که می‌تواند پلی بین قوانین بنیادی و ترمودینامیک هم باشند و می‌توان با استفاده از قوانین بنیادی اطلاعات کوانتومی به بیان کاربردهای مهم اطلاعات کوانتومی و درهم‌تنیدگی کوانتومی در سیستم‌های هم‌بسته الکترونی پرداخت. در این کتاب، مبانی اطلاعات کوانتومی و ارتباط بین اطلاعات کوانتومی و ویژگی‌های اصلی در هم‌تنیدگی را با استفاده از یکی از کاربردهای در هم‌تنیدگی در اطلاعات کوانتومی که به انتقال از راه دور معروف است بیان می‌کنیم. همچنین انگیزه‌ای

که بتوانیم درهم‌تیدگی ترمودینامیکی را بنا کنیم، ایجاد می‌نماییم.

در فصل اول این کتاب سعی گردیده است به تبیین مقدمه‌ای از اطلاعات کوانتومی پردازیم و در فصل دوم ضمن بیان مبانی اطلاعات کوانتومی به توصیف مبنایی از انتقال از راه دور اطلاعات کوانتومی پرداخته و همچنین اصول موضوعه اطلاعات کوانتومی بر درهم‌تیدگی بیان می‌گردد. در فصل سوم به موضوع خالص‌سازی درهم‌تیدگی به‌عنوان روش افزایش میزان درهم‌تیدگی می‌پردازیم و سپس خالص‌سازی حالت‌های خالص کوانتومی نیز مطرح می‌گردد. در فصل چهارم به معرفی پیمانه‌های درهم‌تیدگی و انواع آن، می‌پردازیم و ویژگی‌های اصلی پیمانه‌های درهم‌تیدگی را به‌عنوان ابزاری برای محاسبه میزان درهم‌تیدگی بیان می‌کنیم. فصل پنجم این کتاب با توجه به اهمیت موضوع، ارتباط قوانین اطلاعات کوانتومی و درهم‌تیدگی با ترمودینامیک پرداخته می‌شود. در فصل ششم، درهم‌تیدگی اسپین الکترون‌ها در یک نمونه سیستم هم‌بسته قوی الکترونی را محاسبه می‌نماییم و در هم‌تیدگی یک سیستم بس‌درای شامل جفت‌های کوپر برای ابررسانای موج S در حضور میدان مغناطیسی خارجی یکنواخت و ثابت نسبت به زمان را بررسی می‌نماییم. میدان مغناطیسی خارجی را نسبت به مقیاس‌های انرژی موجود در سیستم کوچک و به‌عنوان اختلال وارد بر سیستم در نظر گرفته و سپس تابع گرین دو ذره‌ای را محاسبه می‌کنیم. بر طبق تابع گرین، ماتریس چگالی دو ذره‌ای را محاسبه و در نهایت شرایطی را که به ازای آن جفت کوپر درهم‌تیده می‌باشد را به دست می‌آوریم، سپس اثر میدان مغناطیسی را بر درهم‌تیدگی بررسی می‌کنیم. در فصل آخر این کتاب، یافته‌های محاسباتی، نتایج حاصله، رهیافت‌ها، چشم‌انداز و کاربردهای آتی بیان می‌گردد. امیدواریم که خوانندگان با مطالعه این کتاب بتوانند مسائل جدید با حوزه گسترده‌تری را در تئوری اطلاعات کوانتومی و درهم‌تیدگی کوانتومی در سیستم‌های هم‌بسته قوی را درک کنند و تلاش‌های انجام‌شده، مقدمه و رهیافتی برای پژوهش‌های آتی در این زمینه برای دانشجویان و دانش‌پژوهان را فراهم نماید.

حمیدرضا البرزنی

اسفندماه ۱۳۹۹

alborznia_ham@yahoo.com