به نام خدا

موضوع سمینار: سیستم های اسپینی مزوسکوپیک وکنترل کوانتومی آنها

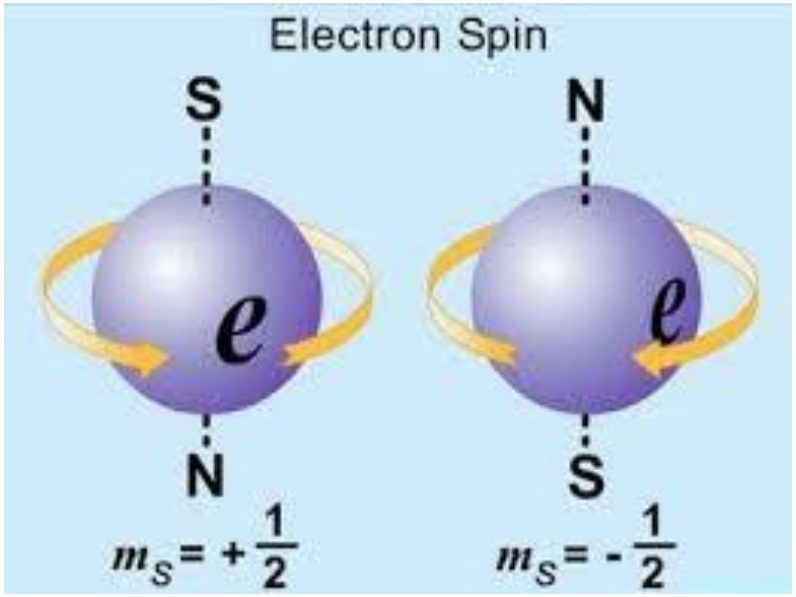
استاد راهنما: آقای دکتر محمد نژاد

مطالب بررسی شده

- اسپین
- اسپینترونیک
- درجات آزادی اسپینی
- سیستم مزوسکوپیک
- روشی برای کنترل اسپین الکترون ها در نقاط کوانتومی

تعاریف و مفاهیم

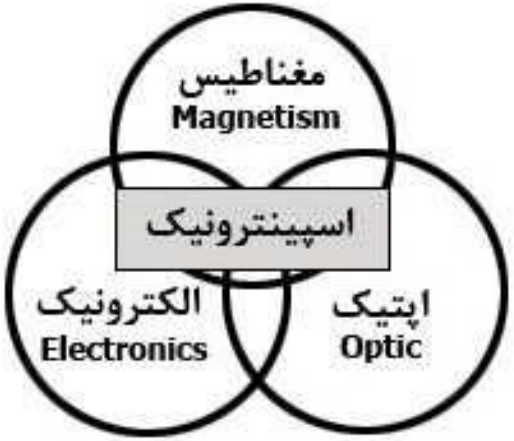
اسپین یکی از خواص ذاتی ذرات بنیادی است که ماهیتی کاملا کوانتومی دارد و نقش کلیدی در بوجود آمدن ماده، اتمها و مشخصا جامدات بازی می‌کند. اما اثر بارز آن را در بارزترین شکل خود می‌توان در بوجود آمدن خواص مغناطیسی دید.



تعاریف و مفاهیم

بررسی های اخیر در الکترونیک، در مورد الکترونیک مغناطیسی است که الکترونیک اسپینی یا اسپینترونیک نیز نامیده میشود. الکترونیک اسپینی یکی از شاخه های جوان علم نانو است

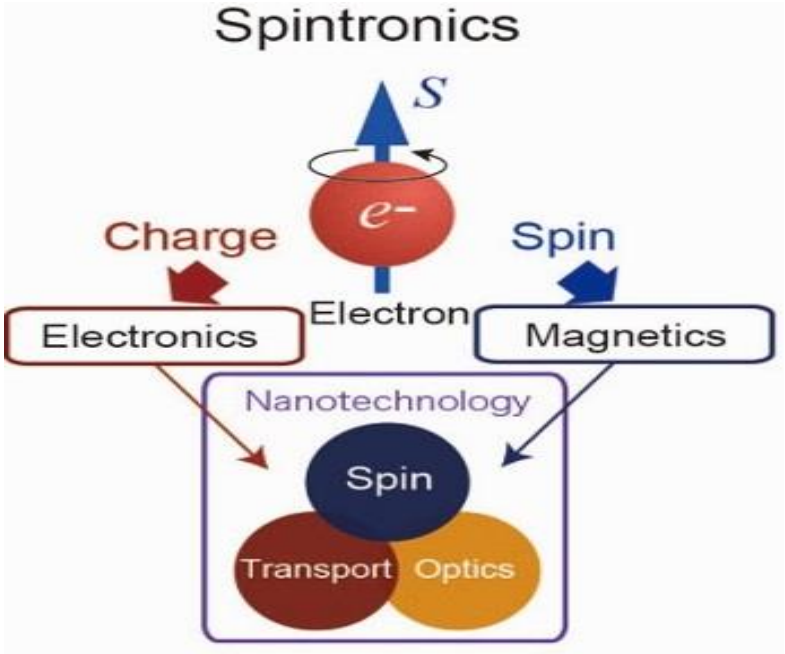
هدف اصلی اسپینترونیک، درک تعامل بین اسپین ذرات و محیط های اطراف شان وساخت ابزار مناسب با استفاده از دانش به دست آمده می باشد .



مفهوم اسپینترونیک

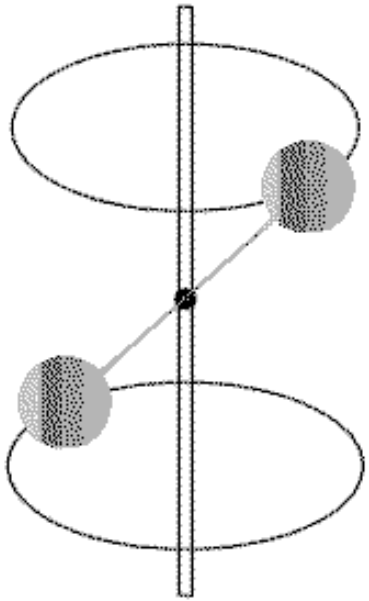
هدف اسپینترونیک

هدف اسپینترونیک را می توان به صورت دو روی یک سکه دید که در یکسو بدنبال کنترل دینامیک اسپینی با روشهای الکتریکی است و در سوی دیگر اثر اسپین را در رفتار الکتریکی و الکترونیکی مواد بررسی کرد.



اسپینترونیک

در اسپینترونیک ، اسپین الکترون و حفره برای ذخیره سازی و دستکاری اطلاعات مورد استفاده قرار میگیرد. اسپین یک الکترون مرتبط با مومنتوم زاویه ای مداری آن میباشد و یک سیستم کوانتومی دوحالته را تشکیل میدهد.

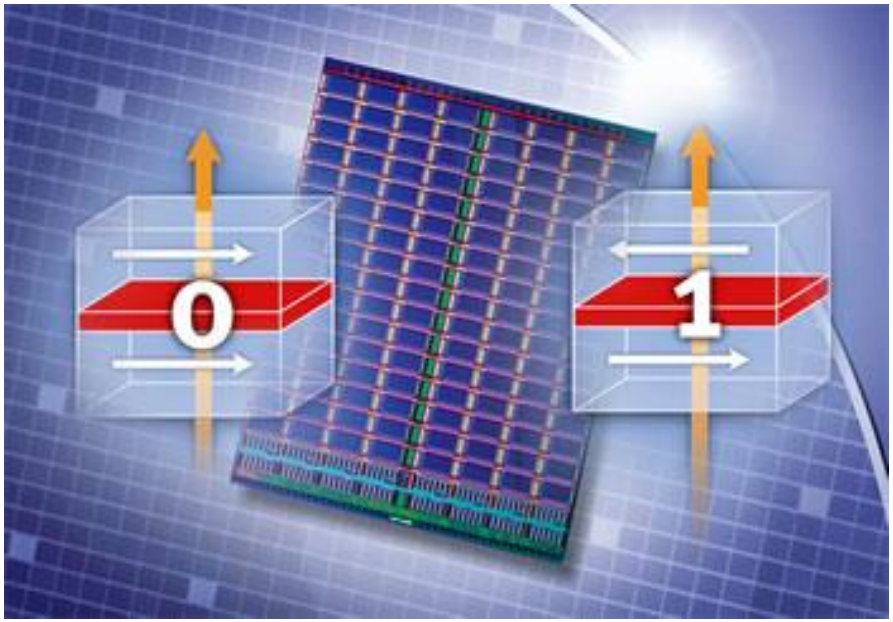


این دوحالته بودن سیستم و توانایی قرارگرفتن الکترون و حفره در حالت جمع آثار بین دو حالت، باعث میشود که اسپین حاملها برای مقاصد محاسبات کوانتومی بسیار مناسب باشند.

روند ذخیره اطلاعات

تمام وسائل اسپینترونیکی بر مبنای رویه ای ساده عمل می کنند

۱. اطلاعات در اسپینها که به صورت جهت (اسپین) (بالا یا پایین) ذخیره میشوند
۲. اسپینها به الکترونهای متحرک متصل می شوند و اطلاعات درون سیم حمل می شود.

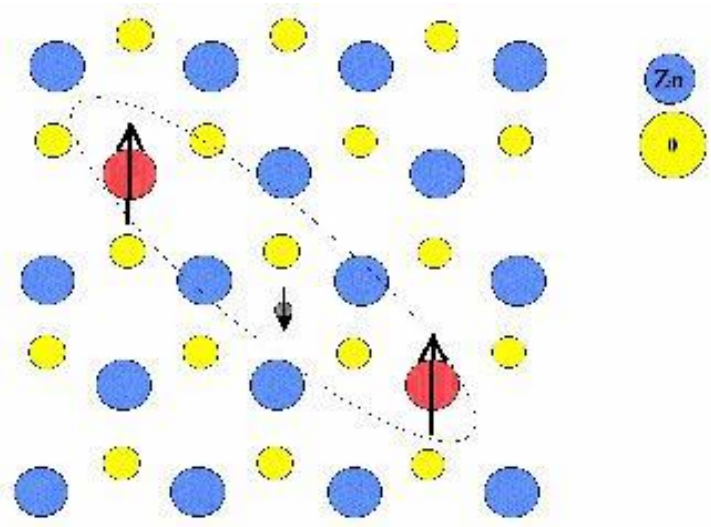


۳ . اطلاعات در یک پایانه خوانده می شود

اسپینترونیک

اسپینترونیک یا الکترونیک اسپینی

که موضوع اصلی آن دستکاری درجات آزادی اسپین است

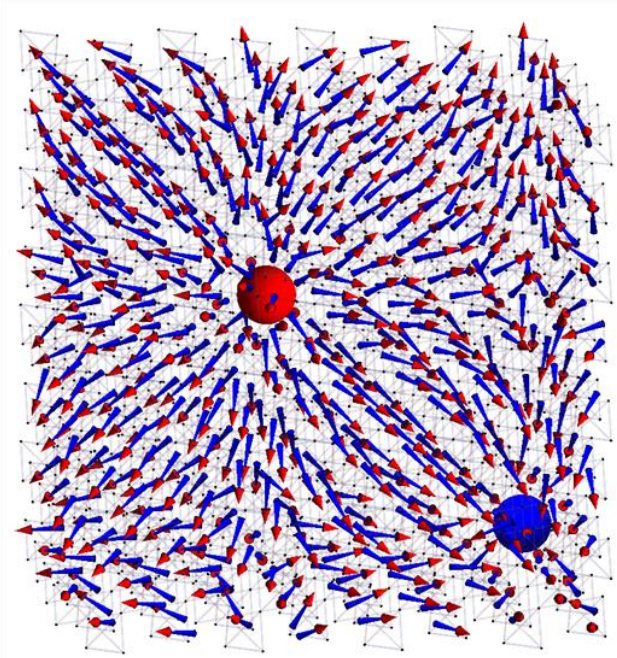


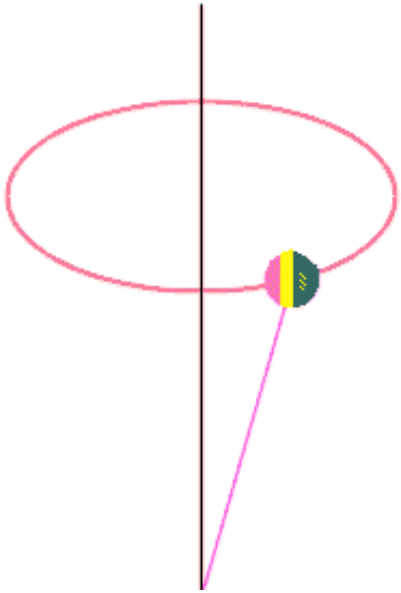
نظر جانسون و سیلزبی ۱۹۸۸

استفاده ازدرجه ی آزادی اسپینی

درجات آزادی اسپینی

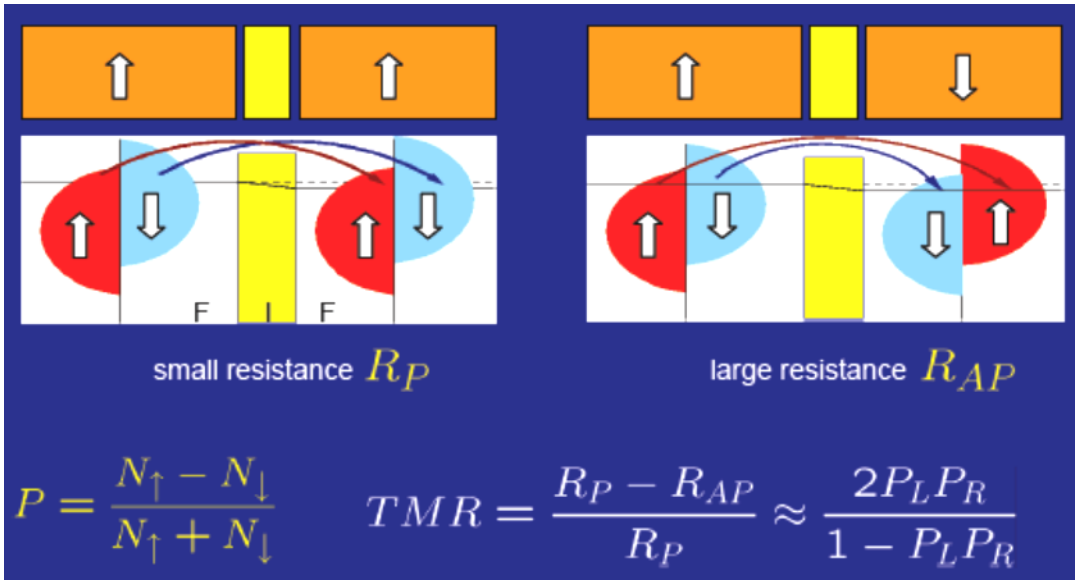
. مفهوم بنیادی اسپین ترونیک عبارت است از ترکیبی از جریانهای اسپینی که در تقابل است با جریانهای الکترونی خالص (در این جریانها از درجه آزادی اسپینی صرفنظر شده است). اضافه شدن درجات آزادی اسپینی اثرات جدیدی را به همراه دارد و توانایی های جدیدی در عرصه الکترونیک به همراه دارد.





درجات آزادی اسپینی

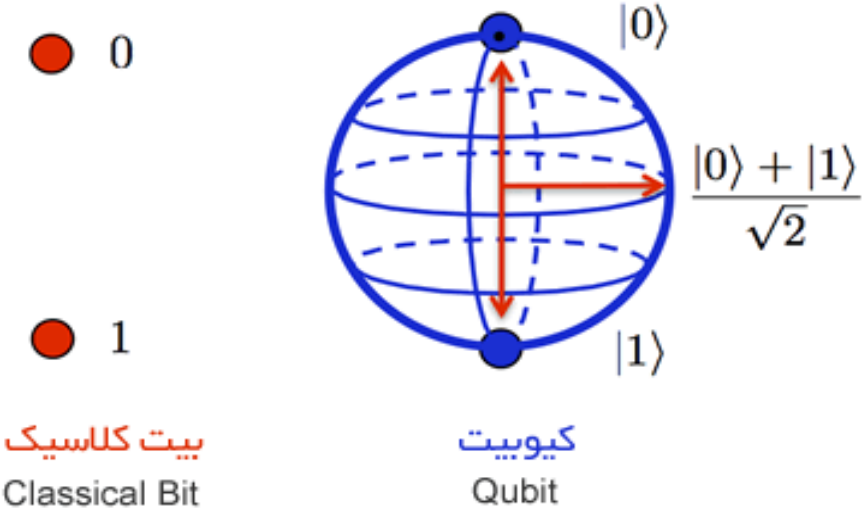
نخستین قدم در بحث درجات آزادی اسپینی و کشف این خاصیت از کشف مقاومت مغناطیسی چند لایه های مغناطیسی در سال ۱۹۸۸ناشی شد.یک چند لایه مغناطیسی ترکیبی از لایه های ماده فرومغناطیس وغیر فرومغناطیس است مانند آهن وکروم.



نمایش مقاومت های کم (برای گشتاورهای موازی) و مقاومت های زیاد (برای گشتاورهای پاد موازی)

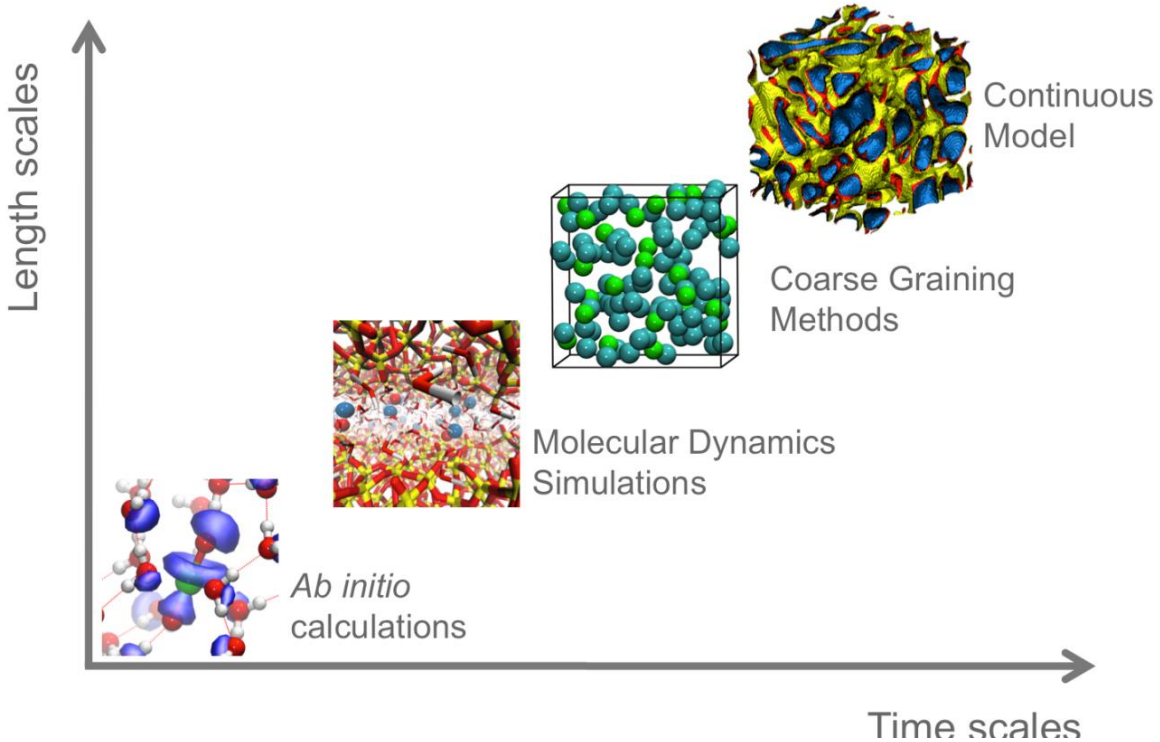
سیستم دوحالته کوانتومی

در سیستمهای کامپیوتری فعلی، یک عدد توسط یک رشته از بیتها که نشان دهندهی یک عدد دودویی میباشند ارائه داده میشود. این بیتها به طور فیزیکی با روشهای خاصی قابل ارائه هستند و اغلب از دو ولتاژ که یکی به عنوان ۰ و دیگری نشان دهنده ی ۱ است برای ارائه ی آنهااستفاده میشود. به دلیل اینکه اسپین الکترون یک سیستم دو حالته است، طبیعتی بسیار عالی برای ارائه ی اطلاعات باینری دارد.



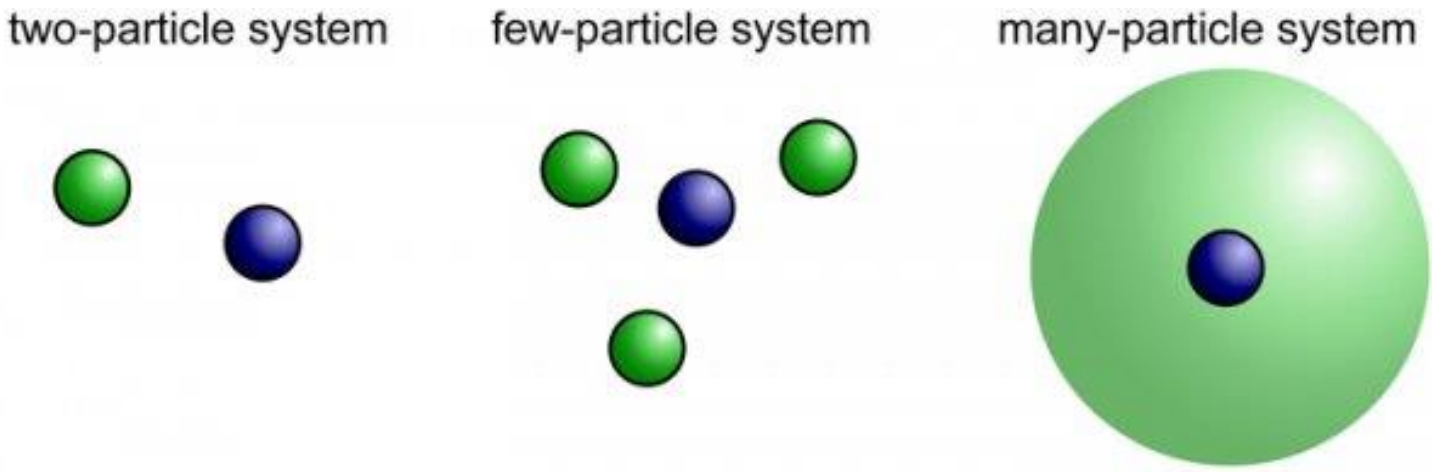
مفهوم مزوسکوپیک

تلاش در زمینه ی مطالعات مزوسکوپیک ،در راستای پیدا کردن الگوهای رفتاری است. یعنی دقیق تر از یک سیستم ماکروسکوپیک و تقریبی تر از یک سیستم میکروسکوپیک عمل میکند.



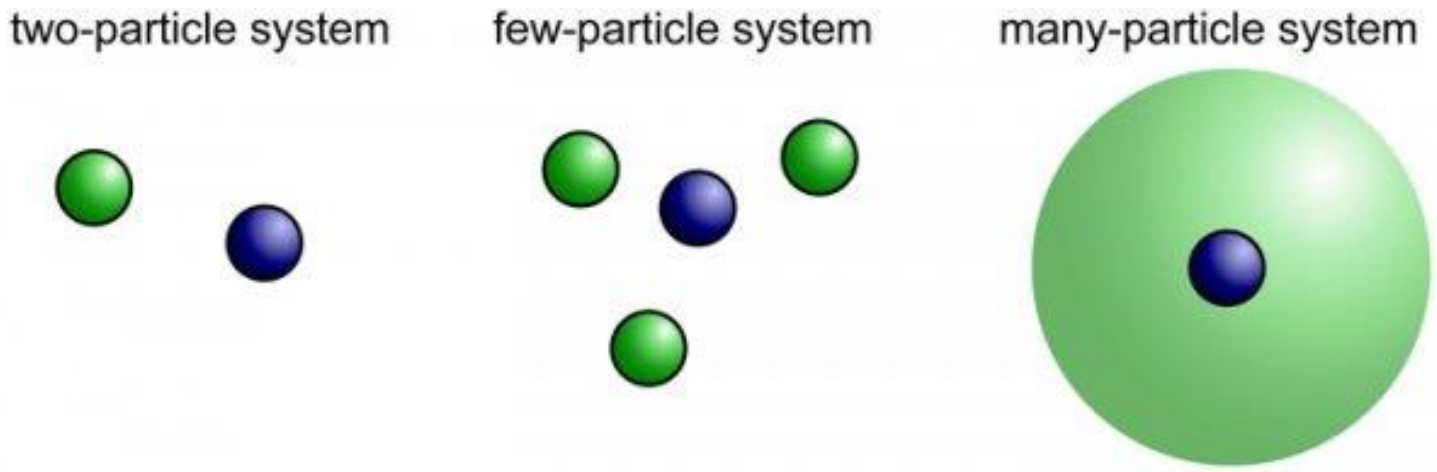
سیستم مزوسکوپیک

پل ارتباطی که جهان میکروسکوپی را به دنیای ماکروسکوپی مرتبط می کند، فیزیک مزوسکوپی است. مزو در زبان یونانی به معنای "متوسط" و "میانه" است. تلاش در زمینه سیستم های مزوسکوپی در راستای پیدا کردن حد متوسط است.



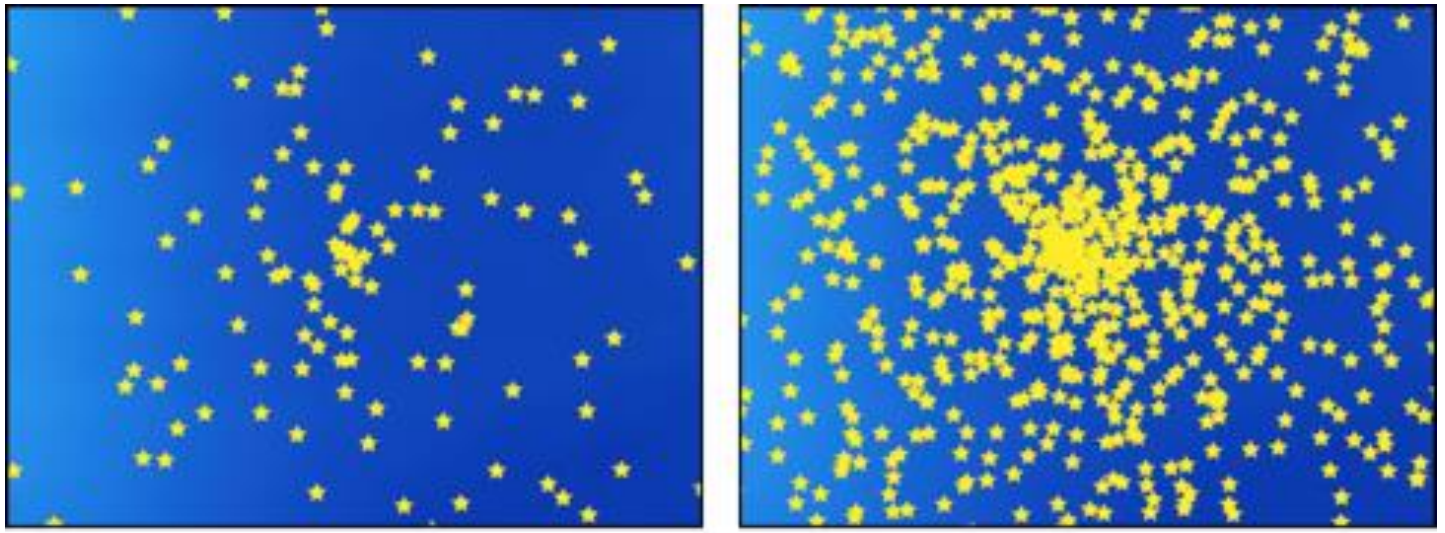
سیستم مزوسکوپیک

نقطه اشتراک سیستم مزوسکوپی و ماکروسکوپی این است که هردو شامل تعداد زیادی اتم هستند، اما سیستم های ماکروسکوپی از قوانین فیزیک کلاسیک پیروی می کنند درحالی که سیستم های مزوسکوپی تحت قوانین مکانیک کوانتومی هستند،



رژیم مزوسکوپی

فیزیک مزوسکوپی پلی ناپیدا بین فیزیک ماکروسکوپی و فیزیک اتمی است، یعنی دستگاه های مزوسکوپی حد واسط بین جهان کلاسیکی و جهان اتمی می باشند.

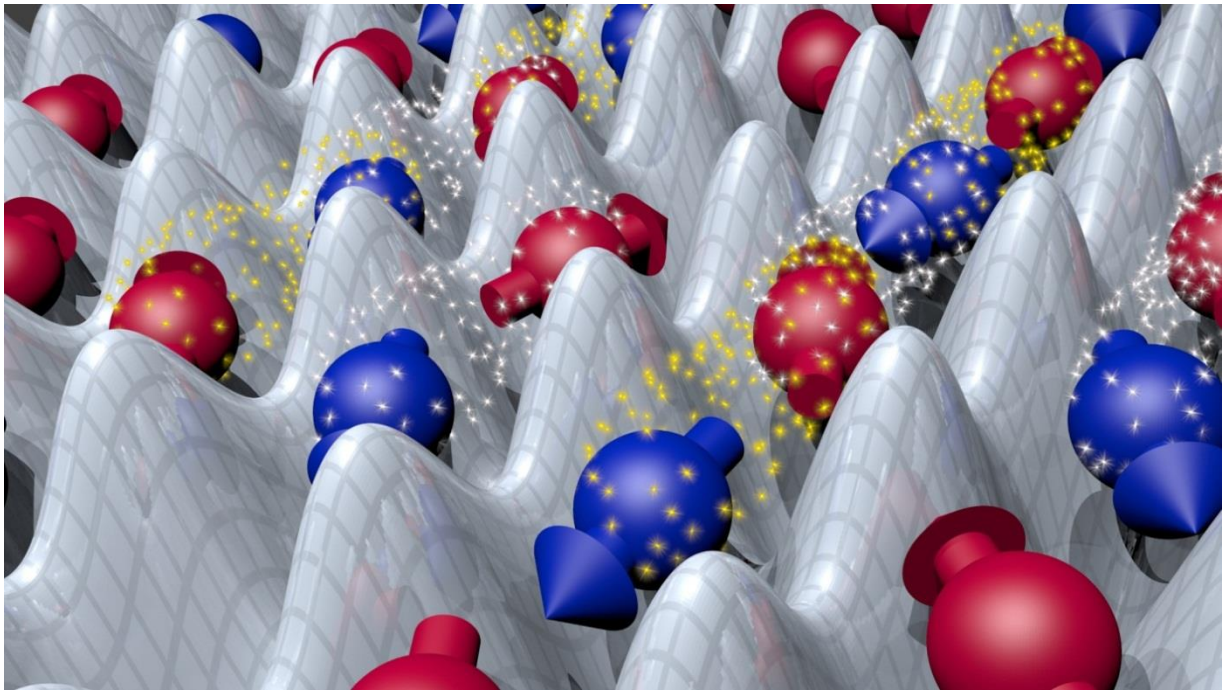


Low birth rate particle system

High birth rate particle system

گذار از سیستم های چند ذره ای به بس ذره ای

به تازگی گروهی از پژوهشگران در آلمان،گذار از حالت چند ذره ای به بس ذره ای را در آزمایشی مشاهده کرده اند،آنها به این منظور از اتم های فرمیونی فراسرد استفاده کرده اند،این نتایج می تواند به مدلسازی سیستم های چند ذره ای و همچنین به مطالعه سیستم های مکانیک کوانتومی مزوسکوپیک کمک کند.



اندرکنش های پیچیده

مطالعه ی سیستم های بس ذره ای (سیستمی با تعداد ذرات بسیار زیاد) را می توان از مسائل چالش برانگیز دانست:.

در واقع بدست آوردن جواب های تحلیلی یا عددی برای سیستم هایی با تعداد بیشتر از سه ذره ممکن نیست

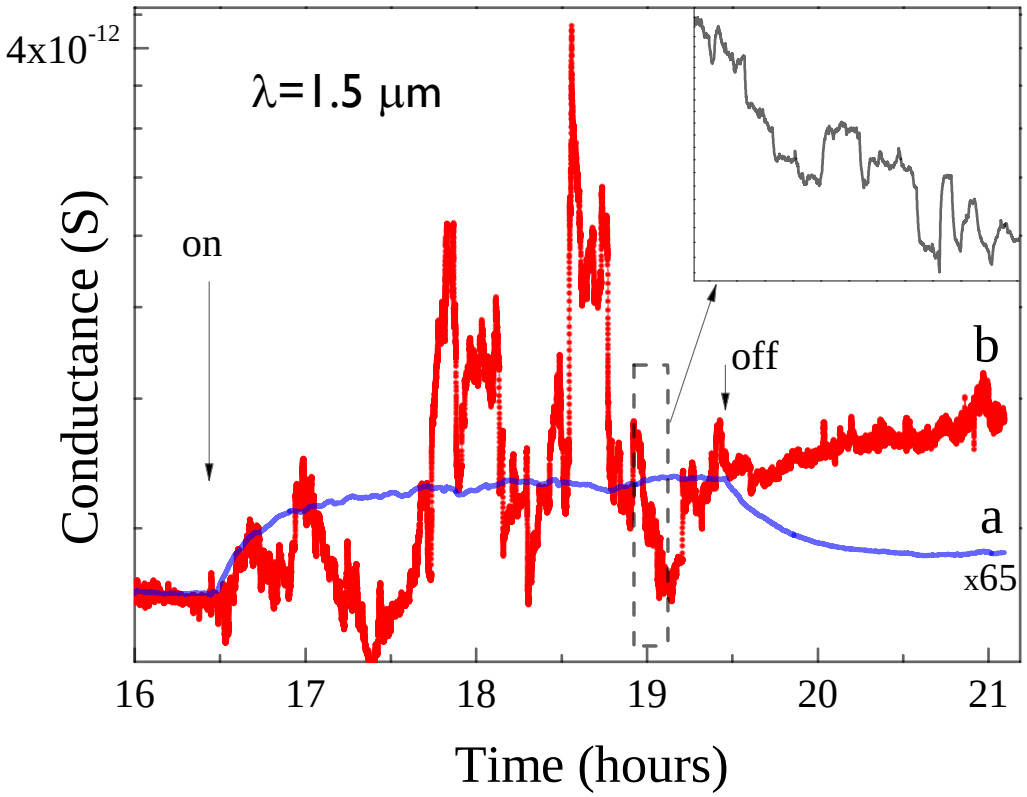
کاربردهای متنوعی از سیستمهای مزوسکوپیک

- ساخت نقطه ها و سیستمهای کوانتومی تونل زنی در دیودهای تشدید کننده مثل سیلسیوم وژرمانیوم

- طراحی وساخت تقویت کننده های لیزری

- طراحی و ساخت میکرو احساسگرها و ماشینهای میکرونی برای کاربردهای خاص

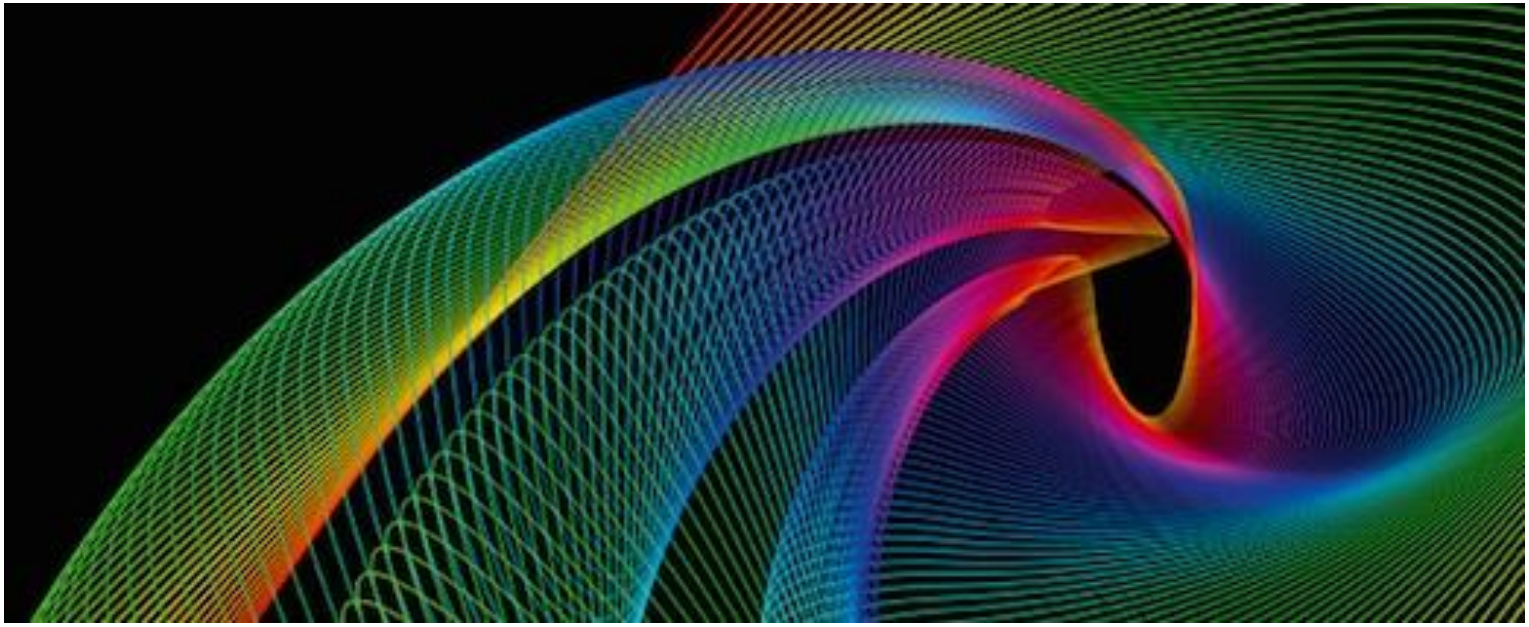
نوسانات نورتاب در سیستم های مزوسکوپی



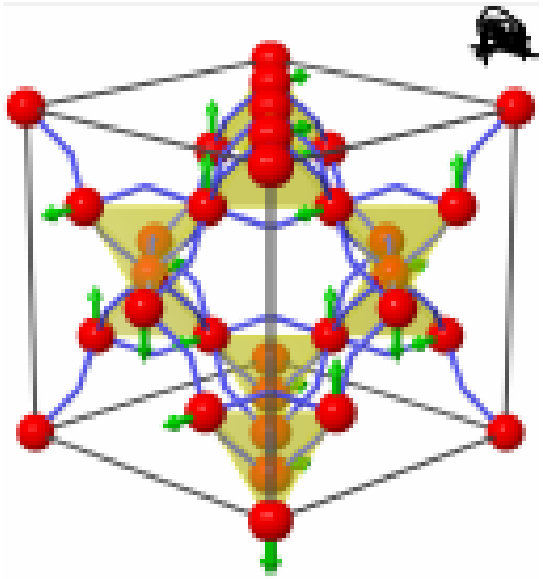
a مزوسکوپیک b ماکروسکوپیک

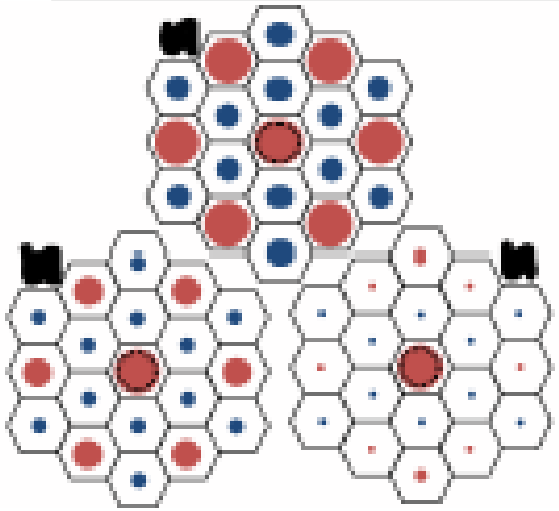
حلقه های کوانتومی

یکی از موضوعات مورد توجه در سیستم مزوسکوپی در سال های اخیر چه از جنبه تجربی و چه از جنبه نظری، حلقه های کوانتومی می باشد



سیستم های اسپینی ناکام





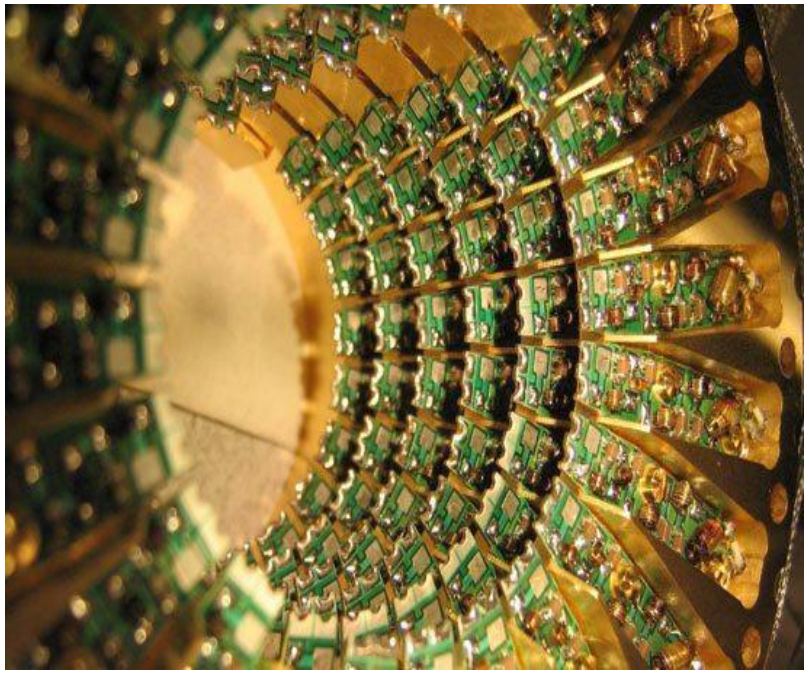
سیستم های اسپینی ناکام به سیستم هایی از گشتاورهای مغناطیسی بر همکنش دار گفته می شودکه برای آنها بهینه سازی برهمکنش های موضعی به گونه ای که یک کمینه سرتاسری یکتا حاصل شود،امکان پذیر نباشد

روشی ساده برای کنترل اسپین الکترون ها در نقاط کوانتومی

یک گروه تحقیقاتی دانمارکی موفق به ارائه روشی برای کنترل اسپین الکترون ها شده است.

پژوهشگران موسسه نیلز بور با همکاری چند تیم تحقیقات بین المللی موفق به کنترل بیت های کوانتومی شدند ، با این کار مسیر تولید ادوات مخابراتی کوانتومی هموارترمی شود

کامپیوتر های کوانتومی

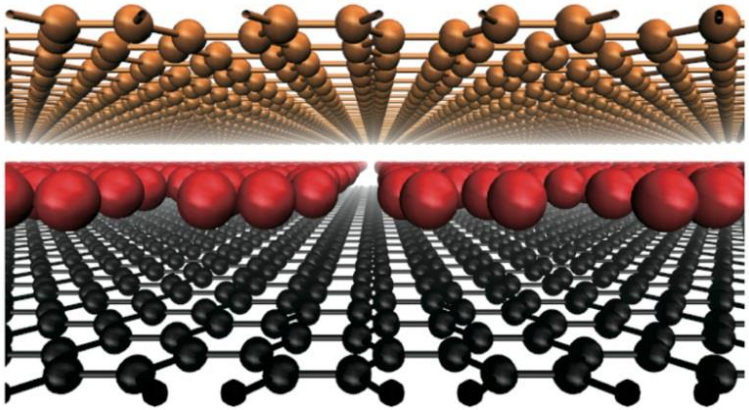


در کامپیوترهای معمولی ، اطلاعات به صورت صفر و یک ذخیره می شود. در کامپیوترهای کوانتومی حالت های صفر و یک به صورتی ایجاد می شوند که اجازه انجام محاسبات موازی متعددی را فراهم می کند

روشی ساده برای کنترل اسپین الکترون ها در نقاط کوانتومی

چارلز مارکوس از محققان این پروژه می گوید: ما روشی ارائه کردیم که با استفاده از آن می توان روی الکترون ها کنترل داشت به طوری که حالت های کوانتومی بدون اندازه گیری قابل کنترل می شوند. این کار با استفاده از رزونانس انجام می شود؛ پدیده ای که در علم فیزیک بسیار شناخته شده است.

مارکوس می گوید:



ما الکترون را درون یک جعبه به دام انداختیم ، هر جعبه از یک نقطه کوانتومی که یک اتم مصنوعی است ، تشکیل شده است.

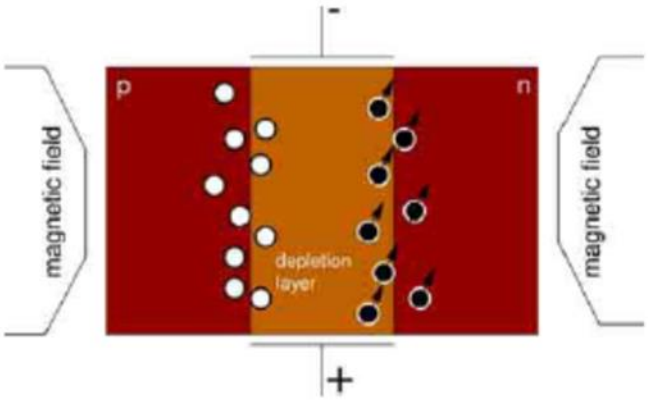
روشی ساده برای کنترل اسپین الکترون ها در نقاط کوانتومی

وی می افزاید: نقاط کوانتومی درون نیمه هادی محاط شده و تنها یک الکترون را می تواند به دام اندازد. لازم است که سه نقطه کوانتومی در کنار هم باشند. زمانی که ما بین جعبه ها ارتباط برقرار می کنیم ، الکترون ها می توانند حضور یکدیگر را احساس کنند. سه اسپین یکدیگر را مدیریت می کنند زیرا وجود الکترون هایی با اسپین یکسان در یک فضای کوچک نیازمند صرف انرژی مازاد است. بنابراین اسپین به اثر متقابل روی هم ، به جهت گیری می رسند که کمترین انرژی برای پایداری نیاز باشد. این سه جعبه حاوی سه نقطه کوانتومی در کنار هم تشکیل یک بیت کوانتومی می دهند.

با اعمال جریان الکتریکی به درون این جعبه ها ، سیستم به حالت نوسان دینامیک در می آید. محققان از این روش برای تغییر اسپین الکترون ها استفاده می کنند.

Background on spintronics

Proposed magnetic field effect transitor constructed from *n* and *p* type magnetic semiconductors. A magnetic field influences the thickness of the depletion layer.



Modified from Das Sarma, *Amer. Sci.* 89 (2001) 516

نمایش جریان اسپینی

پروردگارا، به من که نمي دانم، بياموز که بدانم و به آنان که می دانند بياموز که عمل کنند