



تراجم و در نانو سیستم ها

و گرامرین

تالیف: جعفر عزیزی

سرشناسه: عزیزى، جعفر، ۱۳۶۴
عنوان و نام پديدآور: ترابرد در نانو سيستم ها و گرافين / تاليف جعفر عزيزى
مشخصات نشر: اردبيل: محقق اردبيلي ۱۳۹۳
مشخصات ظاهري: ۲۰۵ص
شابک: ۷-۵۱-۰۵۱-۳۴۴-۰۰-۶۰۰-۹۷۸
وضعيت فهرست نويسى: فيبا
موضوع: مواد نانو ساختار
موضوع: گرافين
موضوع: کوانتوم
موضوع: نظريه انتقال
رده بندى کنگره: ۱۳۹۳ ۴۴۲ن ۴۱۸/۹ TA
رده بندى ديويى: ۶۲۰/۵
شماره کتابشناسي: ۳۴۵۹۹۲۵

نام کتاب: ترابرد در نانو سيستمها و گرافين

مؤلف: جعفر عزيزى

ناشر: محقق اردبيلي

شابک: ۷-۵۱-۰۵۱-۳۴۴-۰۰-۶۰۰-۹۷۸

ليتوگرافي، چاپ و صحافى: شيران نگار

نوبت و سال چاپ: اول ۱۳۹۳

تيراژ: ۱۰۰۰ جلد

قيمت: ۱۰۰۰۰۰۰ ريال

آدرس: اردبيل - سه راه دانش بازار معطرى - طبقه فوقاني پلاک ۸ تلفن ۲۲۴۰۰۸۱

فهرست مطالب

۸	پیش گفتار
	فصل اول: قضیه EPR
۱۳	مقدمه
۱۴	معادله شرودینگر
۱۷	تابع موج
۲۱	نظریه متغیرهای متقابل
۲۹	استدلال EPR
۳۵	قضیه بل
۳۷	اثبات قضیه بل
	فصل دوم نیمرساناها
۴۰	مقدمه
۴۱	تاریخچه
۴۸	تعادل جذب و گسیل در یک سیستم پایدار
۵۱	لیزرهای نیمرسانا
۵۳	وارونگی جمعیت در ایجاد عمل لیزری یا محل یک پیوند
۵۶	مواد برای لیزرهای نیمرسانا
۵۸	ساختار یک لیزر
۶۳	بهره نوری و خصوصیات آستانه یک لیزر دیودی نقطه کوانتوم
	شکل گیری ساختارهای میکرو و نانومتری در سطح سیلیکون
۶۶	توسط پالس های فمتوثانیه

۶۹	خواص ترمودینامیکی
۶۹	خواص مغناطیسی
۷۰	خواص تراپردی
۷۱	روش های تولید نانو ذرات نیم رسانا
۷۱	نیم رسانای غیر آلی
۷۴	روش های فیزیکی
۷۶	روش های شیمیایی
۷۷	روش ذرات کلوئیدی
۷۸	انگیزش نوری در نیم رسانا
۸۰	اکسیتون
۸۳	قیدهای یک و سه بعدی الکترون ها
۸۵	پدیده تونل زنی
۸۷	مرووری بر انواع نانو ساختارهای نیمه رسانا
۹۳	تقریب جرم مؤثر در نقاط کوانتومی
۹۳	فوتو لومینسانس
۹۴	لومینسانس اکسیتون
۹۵	رینگهای کوانتومی
۹۶	نقاط کوانتومی پوسته- هسته و چاه کوانتومی
۹۷	ترکیب شیمیائی
	فصل سوم گرافین
۱۰۰	مقدمه
۱۰۰	تاریخچه
۱۰۳	شبکه لانه تنبوری
۱۰۴	ناپایداری در دو بعد

۱۰۵	ساختار گرافین
۱۰۷	فاز بری
۱۱۰	ترابرد شبه پخشی
۱۱۱	اثر هال
۱۱۱	ایجاد گاف در گرافین
۱۱۵	پارامتر کلاين
۱۱۹	فیوژن بالستیک
۱۲۰	رسانا کمینه
۱۳۰	الکترونهای مايرا
۱۳۱	بعد سوم در کلاين
۱۳۴	شرایط مرزی در رزونانس
۱۳۵	گرافین دو لایه
	فصل چهارم
۱۳۰	مقدمه
۱۳۰	سیستم های مزوسکوپیک
۱۳۱	تابع موج و سیستم های n کاناله
۱۳۳	تابع گرین
۱۳۳	محاسبه جریان
۱۳۵	برهمکنش فونون
۱۳۷	فرمالیسم کوپو
۱۴۶	مدل Londaur
۱۴۵	معادله شوینگر و روش تابع گرین
۱۵۰	روش ماتریسی
۱۵۵	کاربرد روشها در محاسبات
	فصل پنجم

۱۵۶	مقدمه
۱۵۶	۳.۱ اسپین
۱۵۸	۳.۲ برهمکنش اسپین-مدار
۱۵۹	۳.۳ برهمکنش اسپین-مدار راشبا
۱۶۰	۳.۴ معادله بولتزمن
۱۶۲	۳.۶ تقریب رابن واهلش
۱۶۷	۳.۸ تک باند و میدان الکترومغناطیسی
۱۶۸	۳.۹ دو باند و پراکندگی الکترومغناطیسی
۱۶۹	۳.۱۰ حل معادله

فصل ششم

۱۷۲	مقدمه
۱۷۲	بسط فوریه
۱۷۳	۴.۱ معرفی تابع موج
۱۷۴	۴.۲ محاسبه توابع گذار
۱۷۵	۴.۳ توابع توزیع
۱۷۷	۴.۴ تک باند
۱۷۷	۴.۵ توابع موج با در نظر گرفتن ترم راشبا
۱۷۷	۴.۶ گرافین گاف دار
۱۹۲	۴.۷ ترمهای بالاتر از نقطه دیراک
۱۹۸	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۲۰۰	مراجع

مقدمه:

قرن بیستم را بدون تردید می توان قرن انقلاب علمی برای بشریت نامید. در این قرن مطالعات دانشمندان بزرگی همچون انیشتین و شرودینگر و هایزنبرگ و بور و صدها دانشمند دیگر در عرصه علم فیزیک ثابت کردند که نه تنها علوم و یافته های قبلی و مبانی نظری این علوم نادرست هستند بلکه مبانی و نظریه های جامع تر و کامل تری را در این زمینه ارایه و به شکل امروزی تکمیل و فولبندی کردند. در این سالها ظهور تکنولوژی، پیشرفتهای مانند تکنولوژی های نوری، همانند لیزرها با همگرایی حداکثر و نیز نانو سیستم ها کمک دانشمندانی چون ریچارد فاینمن غیر دریاچه ی کابردی و صنعتی این سیستم ها را برای به تحقق پیوستن رویای دیرینه بشریت، روش جوامع امروزی گشودند. در این کتاب ما به اختصار نانو سیستمها و لزوم گذر از فیزیک کلاسیک به فیزیک کوانتومی را به صورت خیلی مختصر بررسی خواهیم کرد و نشان خواهیم داد که چگونه ناکارآمدی فیزیک کلاسیک منجر به فرمول بندی و لزوم یک نظریه جدید شد. سرانجام در مورد نانو سیستم ها را به صورت خلاصه معرفی و روش جدیدی را در این سیستم ها برای محاسبات کاربرد در سیستم های گرافینی و سیستم های مشابه معرفی خواهیم کرد.

پیش گفتار:

فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوریهای پیشرفته در عرصه کار در مقیاس نانو اطلاق می‌شود و در فیزیک و شیمی به معنی قرار دادن اتم‌ها یا مولکول‌ها با نظم و ترتیب خاصی در کنار یکدیگر برای تشکیل مواد، ابزار یا وسایلی در محدوده‌ی نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. همانطوری که در ادامه خواهیم دید در این مقیاس خواص ماده بطور کامل با حالت کلاسیک و عظیم آن فرق می‌کند. امروزه فناوری‌نانو یکی از گرایش‌های خیلی مهم در علوم است که عنوان یکی از فناوری‌های کلیدی در قرن اخیر مطرح شده است. این فناوری‌مانطوری که ذکر شد این شاخه از علوم بشر با دستکاری در ساختار مواد و نحوه چیدن اتم‌ها و مولکول‌ها مواد جدیدی که طبیعت در طبیعت موجود نیست را در آزمایشگاه‌ها تولید و خواص و خصوصیات آنها را تعیین نوع ساختمان مولکول‌های حاصل تعیین و کنترل می‌کند. در سالهای اخیر و با پیشرفت نرم‌افزار این علم تمام علوم اعم از شیمی، فیزیک، کوانتوم، بیوشیمی، بیولوژی، پزشکی و... را در بر می‌گیرد و مختص یک گرایش خاصی از علوم نیست. اما چهل سال پیش ریچارد فاینمن^۱ فیزیک و متعلق کوانتوم نظری و دارنده جایزه نوبل در سخنرانی معروف خود در سال ۱۹۵۹ (با عنوان «پایین فضای بسیاری هست»)، به بررسی بعد رشد نیافته علم مواد پرداخت دلیل اینکه گفتیم علوم شناخته شده همانطوری که در ادامه خواهد آمد تا آن زمان هر چند علم نانو برای بشر نا آشنا نبود اما شکلی که قادر به ایفای نقش در زندگی انسان باشد هم نبود. فاینمن در آن زمان اظهار داشت اگر فیزیک، تا آنجایی که من توانایی فهمش را دارم، بر خلاف امکان ساختن اتم به اتم حرفی نمی‌زند و فرض را بر این قرار داد که اگر دانشمندان فرا گرفته‌اند که چگونه ترانزیستورها و دیودها را با مقیاس‌های کوچک بسازند، پس خواهیم توانست که آنها را کوچک و کوچک‌تر کنیم. در واقع آنها به مرزهای حقیقی‌شان در لبه‌های نامعلوم کوانتوم نزدیک خواهند بود به طوری که یک اتم را در مقابل دیگری به گونه‌ای قرار دهیم که بتوانیم کوچکترین محصول مصنوعی و

^۱ Richard Fimen

ساختگی ممکن را ایجاد نماییم. اما در تاریخ نانو مواد می توان گفت که واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتا ینگوچی^۲ استاد علوم دانشگاه توکیو مطرح شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که محدوده ابعادی آنها در حد نانومتر می باشد، به کار برد هر چند شاید توصیف وی در مورد نانو مواد با آن چیزی که امروزه تحت عنوان نانو می شناسیم متفاوت باشد ولی کنترل ساختار مواد یا ابزارها در حد اتمی برای اولین بار در گفته های این دانشمند بزرگ به چشم می خورد. علوم و فناوری نانو، عصری اساسی در درک بهتر طبیعت در دهه های آتی خواهد بود. از جمله موارد مهم در آینده می توانند همکاری های تحقیقاتی میان استاد آموزش خاص به افراد و انتقال ایده ها به صنعت باشند. امکان سنتز بلوک های اختصاصی نانو با اندازه و ترکیب به دقت کنترل شده و سپس چیدن آنها در ساختار های بزرگتر، که دارای خواص و کارکرد منحصر به فرد می باشند، یک انقلاب عظیم در مواد و فرآیندهای تولید آنها ایجاد می کند. محققین قادر به ایجاد ساختارهایی از مواد خواهند شد که در طبیعت نبوده و طبیعت نیز در آنها ایجادشان نبوده است. از جمله مزایای نانوساختارها می توان به ساخت مواد سبک تر، مقاوم تر، قابل برنامه ریزی، کاهش هزینه عمر کاری از طریق کاهش دفعات نقص فنی، ابزارهایی با بر پایه اصول و معماری جدید و بکارگیری کارخانجات مولکولیا خوشه ای که مزیت و نتایج مواد در سطح نانو را دارند، اشاره کرد. از مهمترین کاربردهای فناوری نانو می توان مباحثی مانند پزشکی و داروسازی، دوام پذیری منابع هوا و فضا، امنیت ملی، ساخت مواد و ابزارهای علمی با کاربردپذیری بدیع در زمینه های مختلف علمی و کاهش تولید آلاینده ها در فرایندهای تولید صنایع را نام برد. در این راستا با توجه به اهمیت برخی از عناصر بخصوص در سالهای اخیر، از جمله گرین و ترکیبات کربن بهتر است که در مورد این عناصر مختصری توضیح داده شود که به صورت مفصل تری در فصلهای آینده در مورد آنها بحث خواهد شد همانطوری که در فصلهای بعدی خواهیم دید ساختارهای نانو مواد و بخصوص موادی از جمله گرافین را اگر معجزه گر قرن بنامیم مسلماً

اغراق نکرده ایم. مرادی که عمدتا توانایی دگرگون سازی صنعت و زندگی آینده بشر را دارا می باشد.

کربن عنصری با عدد اتمی ۶ که در گروه چهارم جدول مندلیف قرار گرفته است اگر به ساختار الکترونی آن دقت کنید به صورت $1s^2 2s^2 2p^2$ می باشد. این عنصر به با توجه به شیمی و ساختار عناصر به دلیل داشتن هیبریداسیونهای مختلف در طبیعت به صورت های گوناگون در تناسبات مختلف ظاهر می شود. از این رو قادر به تولید هزاران ترکیب مختلف و حیاتی در طبیعت است که بدون آنها زندگی بشر نیز معنی و عینیت خارجی نخواهد داشت. از فولرین ها گرفته که در این میان می توان آنها را حالت های صفر بعدی در نظر گرفت تا گرافیت و الماس که به صورت های مختلفی هستند اما در این میان یکی از شکل های کربن که در سال های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته یک ساختار دو بعدی از اتم های کربن است که در یک ساختار لانه زنبوری قرار گرفته است. ابعاد بسیار جالب گرافین با توجه به ساختار آن و دارا بودن هامیلتونی بدون جرم دیراک در آن بر وجهات بسیاری را به خود جلب کرده است. هرچند که سرعت فرمیون های بدون جرم دیراک در گرافین نسبت به سرعت نور بسیار پایین تر است اما هنگامی که در میدان های مغناطیسی قرار بگیرند نسبت به الکترون های معمولی رفتار بسیار متفاوتی را از خود نشان خواهند داد که در مواد معمولی قابل مشاهده نیستند. از جمله موارد جالب دیگر می توان تقریبا غیر حساس بودن فرمیون های بدون جرم دیراک نسبت به پتانسیل اعمالی در سیستم را دانست که به دلیل نسبی بودن این حاملها در گرافین اتفاق می افتد و در مواد معمولی نمی توان مشابه آن را مشاهده کرد همانطور که در فصل های بعدی خواهیم دید رسانندگی گرافین حتی در مینیمم مقدار آن به صفر میل نمی کند و متناهی کوانتای رسانندگی خواهد بود $\frac{e^2}{h}$ که به دلیل عدم وجود گاف انرژی حول نقطه دیراک در گرافین است در این کتاب در ادامه فصل های بعدی ابتدا به صورت خلاصه گرافین را معرفی خواهیم کرد سپس تریاورد در سیستم های کوانتومی را بحث خواهد شد و به صورت خلاصه مفاهیم اولیه تریاورد در سیستم های کوانتومی و تعاریف آنها معرفی خواهد شد. و سپس نحوه محاسبه جریان در این سیستم ها و تفاوت بین سیستم های کوانتومی، کلاسیکی بررسی خواهد

شد و نهایتاً برای گسترش بحث تابع گرین معرفی و نحوه کاربرد این روش در محاسبه ترابرد کوانتومی بحث خواهد شد. نهایتاً در ادامه فصلها ناهمسانگردی در گرافین را با یک مدل نیمه کلاسیکی مورد بحث قرار خواهیم داد. با توجه به این که این روش یک روش جدید و می توان گفت قدرتمند در محاسبات تحلیلی در گرافین است. بنابراین در فصل ۵ به صورت مختصر ما این روش را معرفی می کنیم و در فصل ۶ نحوه استفاده از این روش را در شرایط مختلف و مسئله های متفاوت نشان خواهیم داد.