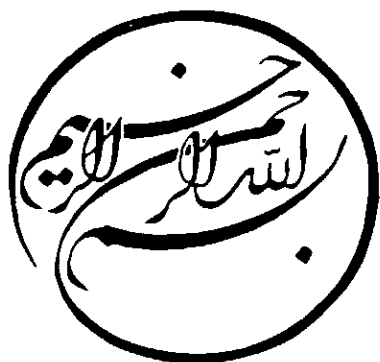




رسانای الکتریکی در

نانوساختارهای گرافینی

تالیف:

سیمین مهنا

(کارشناس ارشد فیزیک حالت جامد)

۱۳۹۳

سرشناسنامه	: مهنیا، سیمین، ۱۳۶۳.
عنوان و نام پدیدآور	: رسانایی الکتریکی در نانو ساختارهای گرافینی / تالیف سیمین مهنیا.
مشخصات نشر	: اردبیل: محقق اردبیلی، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۱۵۰ص.: مصور.
ISBN	: 978-600-344-077-7
جمعیت فهرست نویسی	: فیبا.
یادداشت	: کتاب نامه.
موضوع	: مواد نانوساختار.
موضوع	: گرافین.
موضوع	: کوانتوم.
موضوع	: نظریه انتقال.
موضوع	: اتم-ایرین.
رده‌بندی کنگره	: ۵۹۳/۵/۵۹۱۸/۵ TA
رده‌بندی دیویی	: ۵۹۳/۵
شماره کتاب شناسی ملی	: ۵۱۶۴۸۱

نام کتاب	: رسانایی الکتریکی در نانو ساختارهای گرافینی
نام مؤلف	: سیمین مهنیا
ناشر	: محقق اردبیلی
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: شیران نگار
سال و نوبت چاپ	: ۱۳۹۳ / اول
تیراژ	: ۱۰۰۰ جلد
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۳۴۴-۰۷۷-۷
قیمت	: ۱۲۰۰۰ تومان
مرکز پخش	: اردبیل، سه‌راه دانش، پاساژ معطری، طبقه دوم، پلاک ۸
	: تلفن ۰۴۵۱-۲۲۴۰۰۸۱

پیشگفتار

با درود بی کران به پویندگان راه حق و حقیقت و با سپاس به درگاه خداوند منان که به ما توفیق داد تا در راه علم و اندیشه قدم بگذاریم.

در سال‌های اخیر، یافته‌های تکنولوژی در ابزار و موادی با ابعاد بسیار کوچک باعث تحولات عظیمی در صنعت الکترونیک شده است و گرافین نیز در این پیشرفت‌ها، سهمی را به‌خود اختصاص داده است. هدف از تدوین این کتاب ارائه مطالبی در خصوص معرفی ویژگی‌های گرافین و ارائه نتایج حاصل از پژوهش درباره‌ی رسانش در این نانو ساختار می‌باشد.

بر خود وظیفه میدانم که از زحمات استاد کرانه‌قدر، جناب آقای دکتر آرش فیروزنیا که در تمام مراحل تحقیق و تالیف این کتاب مرا راهنمایی و هدایت کردند، سپاسگزاری نمایم. همچنین از برادر عزیزم، آقای مهندس فرهود مهینا که در نگارش و صفحه‌آرایی این کتاب مرا یاری نمودند، تشکر می‌کنم.

سیمین مهینا

کارشناس ارشد فیزیک حالت جامد

دانشگاه شهید مدنی آذربایجان - تبریز

بهار ۱۳۹۳

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

مقدمه ۱۱

فصل اول : تابع گرین غیر تعادلی

۱-۱ تابع عبور و ماتریس پراکندگی ۱۵

۲-۱ مفاهیم پایه‌ای در مورد تابع گرین ۱۸

۳-۱ توابع گرین تقدیمی و تأخیری ۲۰

۴-۱ مدل تنگ بست قوی (روش تفاضلات محدود) ۲۶

۱-۴-۱ نمایش ماتریسی عملگر هامیلتونین در یک بعد ۲۷

۱-۴-۱ نمایش ماتریسی عملگر هامیلتونین در دو بعد ۳۰

۵-۱ خود انرژی ۳۱

۶-۱ تابع گرین غیر تعادلی ۳۵

۱-۶-۱ توابع همبستگی و پراکندگی ۳۵

۳۶..... ۱-۱-۶-۱ تابع همبستگی الکترون (G^n یا $-iG^<$)

۳۸..... ۲-۱-۶-۱ تابع همبستگی حفره (G^p یا $+iG^>$)

۳۹..... ۳-۱-۶-۱ توابع پراکندگی

۴۰..... ۲-۱-۶-۱ نکته ای در مورد نماد گذاری ها

۴۰..... ۳-۶-۱ تابع A

۴۳..... ۴-۶-۱ معادلات

۴۵..... ۵-۶-۱ حل تعادلی

۴۶..... ۶-۶-۱ رابطه ی بین تابع گرین و بسط گذار

فصل دوم : ترابرد همدوس

۴۹..... ۱-۲ مشخصه های طولی در ترابرد همدوس

۵۰..... ۲-۲ رسانندگی در سیستم های موزوسکوپیک

۵۲..... ۱-۲-۲ تابع توزیع فرمی

۵۳..... ۲-۲-۲ چه چیزی باعث شارش الکترون ها می شود؟

۵۴..... ۳-۲ مدل تک ترازوی

- ۱-۳-۲ معادلات آهنگ در مدل تک ترازی..... ۵۴
- ۲-۳-۲ جریان در مدل تک ترازی..... ۵۶
- ۴-۲ کوانتیدگی رسانش..... ۵۷
- ۵-۲ رسانندگی کوانتومی در رساناهای چند ترازه..... ۶۲
- ۶-۲ سیستم تک اتصال..... ۶۳
- ۱-۶-۲ چگالی حامل در حالات در سیستم تک اتصال..... ۶۷
- ۲-۶-۲ جریانهای ورودی و خروجی در سیستم تک اتصال..... ۷۰
- ۷-۲ سیستم دو اتصال..... ۷۳
- ۱-۷-۲ ماتریس چگالی در سیستم دو اتصال..... ۷۵
- ۲-۷-۲ جریان ورودی و خروجی در سیستم دو اتصال..... ۷۸
- ۸-۲ فرمالیسم عبور..... ۸۰
- ۱-۸-۲ فرمول لانداو..... ۸۲
- ۲-۸-۲ فرمول لانداو در دمای غیر صفر..... ۸۶
- ۳-۸-۲ فرمول بوتیکر..... ۸۹
- ۹-۲ محاسبه جریان در سیستمهای چند ترمیناله..... ۹۲

فصل سوم : گرافین

- ۱-۳ انواع ساختارهای کربنی ۹۶
- ۲-۳ ویژگی‌های گرافین ۹۹
- ۳-۳ روش‌های جداسازی گرافین تک لایه ۱۰۱
- ۴-۳ ساختار شبکه منظم ۱۰۳
- ۳-۴-۱ اتم‌های کربن ۱۰۳
- ۳-۴-۲ شبکه‌ی لایه زنجیری ۱۰۵
- ۵-۳ ساختار نوار انرژی در گرافین ۱۰۷
- ۳-۵-۱ مدل تنگه‌بست قوی ۱۰۷
- ۳-۵-۲ حد پایین انرژی: الکترون‌های دیر ۱۱۱
- ۶-۳ خواص جالبی از گرافین ۱۱۵
- ۷-۳ کاربردهای گرافین ۱۱۷
- ۸-۳ مشکلات و معایب گرافین ۱۱۹
- ۹-۳ روش‌های پیشنهادی برای ایجاد گاف انرژی در گرافین ۱۲۰
- ۱۰-۳ نانو کانال‌های گرافین ۱۲۲

۱-۱۰-۳ هندسه‌ی نانوکanal‌های آرمیچر و زیگراگ در گرافین..... ۱۲۴

۲-۱۰-۳ ساختار نوار انرژی در نانوکanal‌های آرمیچر و زیگراگ..... ۱۲۵

فصل پنجم : تراورد کوانتومی در نانوحلقه‌ی گرافینی با کانال‌های آرمیچر و زیگزاگ

۱-۴ معرفی سیستم گرافین..... ۱۲۸

۲-۴ کاربرد تابع گرین در سیمک گرافین..... ۱۲۹

۱-۲-۴ روش تابع گرین سیمک..... ۱۲۹

۲-۲-۴ خود انرژی در کانال‌های نیمه بی نهایت..... ۱۳۰

۳-۴ محاسبات..... ۱۳۳

۴-۴ جریان، چگالی حالات و اثر آهارانوف-بوهم..... ۱۳۵

پیوست..... ۱۴۱

منابع و مراجع..... ۱۴۹

مقدمه

کربن ماده‌ی اولیه‌ی بزرگ پایه‌ای برای شیمی تمام موجودات زنده محسوب می‌شود. تنوع و انعطاف در پیوندهای کربن باعث شده تا تعداد زیادی از ساختارهای مختلف با خصوصیات فیزیکی کاملاً متفاوتی از این عنصر در طبیعت وجود داشته باشد. بعد این ساختارهای متنوع به این بود تفاوت‌های آنها کمک کرده است. یکی از این ساختارها که به صورت یک لایه در این کربن در یک شبکه‌ی شش ضلعی منتظم آرایش یافته، گرافین است. تا چندی پیش باور قبندگان بر آن بود که نمی‌توان یک ساختار کاملاً دو بعدی پایدار (یک تک لایه از کربن) ساخت و تا آن زمان سیستم‌هایی که دو بعدی نامیده می‌شدند در واقع به طور تقریبی دو بعدی بودند. در سال ۲۰۰۴ پژوهشگران دانشگاه منچستر به سرپرستی گایم^۱ و نووسولوف^۲ توانستند این ماده را در مقیاس قابل قبول آزمایشگاهی و به صورت پایدار تولید کنند. امروزه مواد و ساختارهای جدید در تکنولوژی برای برآورد نیازهای کوچک شدن این مورد توجه خاصی قرار گرفته‌اند. باتوجه به زمینه‌های کاربردی گسترده‌ای که نانوفیزیک ایجاد کرده است، گرافین به عنوان یک ساختار کم‌بعد اهمیت ویژه‌ای یافته است و در سال

های اخیر موقعیت‌های تازه‌ای را در زمینه پژوهش‌ها و کاربردهای عملی مرتبط با فناوری نانو فراهم نموده است.

با تولید گرافین، توجه جمع کثیری از محققان نظری و تجربی به سوی این ماده جلب شد. فیزیکدانان خیلی زود متوجه شدند که معادله‌ی حاکم بر رفتار شبه ذرات درون گرافین با تقریب بسیار خوبی معادله نسبیتی دیراک است. گرافین به دلیل طیف برانگیختگی‌های بسیار گوناگون، در واقع آزمایشگاهی برای بررسی پیش‌بینی‌های کوانتوم نسبیتی و الکترو-دینامیک کوانتومی می‌باشد. در این کتاب علاوه بر معرفی ویژگی‌های گرافین، اسئال مکتون در یک نانو حلقه‌ی گرافینی که تحت میدان مغناطیسی خارجی بوده و به کانال‌هایی از همان جنس متصل می‌باشد، بررسی شده است. ما با صرف نظر کردن از برهمنای الکترونی در این سیستم، از روش تابع گرین غیرتعادلی به عنوان ایزاری قدرتمند در مدل‌سازی اثرات کوانتومی استفاده کرده‌ایم. کتاب حاضر، از چهار فصل تشکیل شده است.

در فصل اول، با معرفی توابع گرین و خودانرژی‌های سیستم‌های مزوسکوپیکی، روش تابع گرین غیرتعادلی را شرح داده‌ایم.

در فصل دوم، ابتدا سیستم‌های همدوس معرفی شده‌اند و مفاهیم مربوط به شارش الکترون در این سیستم‌ها ارائه شده است. در ادامه، محاسبه‌ی ترابرد با استفاده از فرمالیسم لانداو- بوتیکر توضیح داده شده است و روابطی کاربردی برای فرمالیسم عبور بدست خواهند آمد.

در فصل سوم، مقدمه‌ای را در مورد ساختار دوبعدی گرافین و روش‌های جداسازی تک لایه‌ی گرافینی ارائه کرده‌ایم و در ادامه در مورد ساختار نوار انرژی در گرافین و نانوکanal‌های گرافینی بحث کرده‌ایم، محاسبه‌ی هامیلتونین در شبکه‌ی گرافینی با استفاده از تقریب تنگ بست قوی توضیح داده شده است.

در فصل چهارم، تراپرد کوانتومی را در یک سیستم مزوسکوپیک دوبعدی شامل یک نانو حلقه‌ی گرافین در میدان مغناطیسی خارجی با کانال‌های زیگزاگ و آرمیچر، با استفاده از روش گزین غیرتعادلی مورد بررسی قرار داده‌ایم. محاسبات در ولتاژهای بیاباسی و میدان‌های مغناطیسی مختلف انجام یافته و جریان و چگالی حامل‌ها مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت تراپرد را در کانال‌هایی با لبه‌های زیگزاگ و آرمیچر مقایسه کرده‌ایم.