



دانشگاه بزم زور

دانشکده علوم پایه

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته فیزیک اتمی و مولکولی

گروه فیزیک

بررسی خواص اپتیکی چاه‌های کوانتومی مربعی جفت شده

رسول راحت

استاد راهنما:

دکتر محمد جواد کریمی

استاد مشاور:

دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی

مهرماه ۱۳۹۱





دانشگاه سیراز

دانشکده علوم پایه

مرکز شیراز

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته فیزیک اتمی و مولکولی

گروه فیزیک

بررسی خواص اپتیکی چاه‌های کوانتومی مربعی جفت شده

رسول راحت

استاد راهنما:

دکتر محمد جواد کریمی

استاد مشاور:

دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی

مهرماه ۱۳۹۱

تاریخ: ۹۱/۰۷/۱۹
شماره: ۰۵/۱۶۲۷۵
پیوست:



دانشگاه پیام نور استان فارس
باسم تعالی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

صور تجلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد آقای رسول راحت دانشجوی رشته فیزیک گرایش اتمی و مولکولی به شماره دانشجویی ۸۷۰۰۰۸۸۱ با عنوان:

" بررسی خواص اپتیکی چاه‌های کوانتومی مربعی جفت شده "

با حضور هیأت داوران در روز چهارشنبه مورخ ۱۳۹۱/۰۷/۱۹ ساعت ۱۵ در محل ساختمان غدیر دانشگاه پیام نور شیراز برگزار شد و هیأت داوران پس از بررسی، پایان نامه مذکور را شایسته نمره به عدد ۱۷/۹۲ به حروف هجده و نه و دو دهم با درجه خوب تشخیص داد.

ردیف	نام و نام خانوادگی	هیأت داوران	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه	امضاء
۱	دکتر محمدجواد کریمی	راهنما	استادیار	صنعتی شیراز	
۲	دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی	مشاور	دانشیار	پیام نور شیراز	
۳	دکتر محمود مرادی	داور	استاد	شیراز	
۴	آقای محسن امامی	نماینده تحصیلات تکمیلی	استادیار	پیام نور شیراز	

رئیس اداره تحصیلات تکمیلی

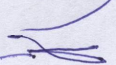
شیراز- شهرک گلستان، بلوار دهخدا
نبش از نمایشگاه بین المللی
تلفن : ۰۷۱۱-۶۲۲۲۲۴۰-۳
ورنگار : ۰۷۱۱-۶۲۲۲۲۴۹
سندوق پستی : ۱۳۶۸- ۷۱۹۵۵
www.spnu.ac.ir
Email : admin@spnu.ac.ir

گواهی اصالت نشر و حقوق مادی و معنوی اثر

اینجانب **رسول راحت** دانشجوی ورودی سال ۱۳۸۷ مقطع کارشناسی ارشد رشته فیزیک گواهی می‌نمایم چنانچه در پایان نامه خود از فکر، ایده و نوشته دیگری بهره گرفته‌ام با نقل قول مستقیم یا غیر مستقیم منبع و مآخذ آن را نیز در جای مناسب ذکر کرده‌ام. بدیهی است مسئولیت تمامی مطالبی که نقل قول دیگران نباشد بر عهده خویش می‌دانم و جوابگوی آن خواهم بود. دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

نام و نام خانوادگی دانشجو **رسول راحت**

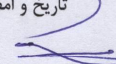
تاریخ و امضاء



اینجانب **رسول راحت** دانشجوی ورودی سال ۱۳۸۷ مقطع کارشناسی ارشد رشته فیزیک گواهی می‌نمایم چنانچه بر اساس مطالب پایان نامه خود اقدام به انتشار مقاله، کتاب، و ... نمایم ضمن مطلع نمودن استاد راهنما، با نظر ایشان نسبت به نشر مقاله، کتاب، و ... و به صورت مشترک و با ذکر نام استاد راهنما مبادرت نمایم.

نام و نام خانوادگی دانشجو **رسول راحت**

تاریخ و امضاء



کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه پیام نور می‌باشد.

مهرماه ۱۳۹۱

تقدیم به

کسانی که در راه استقلال

و

آزادی ایران تلاش می کنند.

سپاسگزاری

یگانه معبود بی‌همتا را شکرگزارم که به واسطه الطاف بی‌پایانش امکان پشت سر گذاردن این دوره‌ی تحصیلی را برایم فراهم آورد. پس از آن برخود واجب می‌دانم که از صبر و بردباری همسر مهربانم که در این دوره تحصیلی همواره در سختیها در کنارم بود، تقدیر و تشکر نمایم.

همچنین از تلاش‌های جناب آقای دکتر کریمی استاد راهنمای گرامیم که در طی دوران تحصیلم از هیچگونه همکاری دریغ نورزیدند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

چکیده

هدف از این رساله مطالعه‌ی خواص اپتیکی چاه‌های کوانتومی مربعی جفت شده متقارن و نامتقارن می‌باشد. در این رساله ما با استفاده از روش ماتریس انتقال معادله‌ی شرودینگر را به طور تحلیلی حل کرده‌ایم و ویژه مقادیر انرژی و توابع موج را بدست آورده‌ایم. سپس با استفاده از رهیافت ماتریس چگالی خواص اپتیکی خطی و غیر خطی از قبیل ضرایب جذب اپتیکی، تغییرات ضرایب شکست و ضریب یکسوسازی نوری بدست آمده‌اند. در ادامه تاثیر پارامترهای ساختاری از قبیل پهناي چاه‌ها، پهناي سد، ارتفاع سد و غلظت آلومینیوم بر روی این خواص اپتیکی بررسی شده است.

نتایج نشان می‌دهند که با افزایش پهناي چاه‌ها و پهناي سد، قله‌هایی تشدید خواص اپتیکی به سمت انرژی‌های کمتر فوتونی منتقل می‌شوند. اما با افزایش غلظت آلومینیوم قله‌های تشدید به سمت انرژی‌های فوتونی بیشتر جابه‌جا می‌شوند. برای سیستم چاه کوانتومی دوگانه متقارن با افزایش اندازه‌ی سیستم، مقادیر بیشینه تغییرات ضریب شکست (ضریب جذب) افزایش (کاهش) می‌یابند، اما افزایش غلظت آلومینیوم تغییرات کوچکی بر روی بیشینه مقادیر خواص اپتیکی دارد. برای سیستم چاه کوانتومی دوگانه نامتقارن با افزایش پهناي سد ضرایب جذب کاهش می‌یابند اما ضرایب شکست و ضریب یکسوسازی نوری تغییرات غیر یکنواختی دارند.

واژگان کلیدی: چاه کوانتومی - اپتیک غیرخطی - ضریب جذب - تغییرات ضریب شکست - ضریب یکسوسازی نوری.

صفحه	فهرست مطالب	عنوان
۱		فصل اول: آشنایی با نانو تکنولوژی
۱		۱-۱ مقدمه
۲		۱-۱-۱ تاریخچه نانو
۳		۲-۱-۱ نانو تکنولوژی
۳		۳-۱-۱ شاخه‌های فناوری نانو
۴		۴-۱-۱ روش‌های تجربی تولید مواد در مقیاس نانو
۵		۲-۱ مقدمه‌ای بر مواد نیمرسانا
۵		۳-۱ ساختارهای کوانتومی
۶		۱-۳-۱ چاه کوانتومی
۸		۲-۳-۱ سیم کوانتومی
۸		۳-۳-۱ نقطه کوانتومی
۹		۴-۱ نانو و لیزر
۱۱		۵-۱ معرفی فصل‌های بعد
۱۳		فصل دوم: بررسی ساختار نیمرساناها و سیستم چاه کوانتومی
۱۳		۱-۲ مقدمه
۱۳		۲-۲ ساختار نواری جامدات

صفحه	فهرست مطالب	عنوان
۱۴		۳-۲ طبقه‌بندی جامدات
۱۵		۴-۲ تابع بلوخ
۱۷		۱-۴-۲ خواص تابع بلوخ
۱۸		۵-۲ تقریب جرم مؤثر
۱۹		۶-۲ ترازهای انرژی چاه کوانتومی
۲۲		۷-۲ تکنیک ماتریس انتقال برای تعیین ویژه مقادیر انرژی برای چاه کوانتومی جفت‌شده
۲۷		۸-۲ پدیده‌های خطی و غیرخطی
۲۷		۱-۸-۲ رابطه قطبش الکتریکی با میدان الکتریکی
۲۹		۲-۸-۲ یکسوسازی نوری
۲۹		۳-۸-۲ تولید هماهنگ مرتبه دوم
۳۰		۹-۲ بحث و نتیجه‌گیری
۳۱		فصل سوم: مطالعه خواص اپتیکی چاه کوانتومی
۳۱		۱-۳ مقدمه
۳۲		۲-۳ تحول زمانی ماتریس چگالی
۳۵		۳-۳ حل معادله‌ی تحول زمانی ماتریس چگالی با استفاده از روش اختلال

صفحه	فهرست مطالب	عنوان
۳۷	۴-۳ محاسبه ضریب جذب و ضریب شکست خطی و غیرخطی مرتبه‌ی سوّم با استفاده از ماتریس چگالی	
۳۸	۱-۴-۳ محاسبه‌ی پذیرفتاری خطی با استفاده از ماتریس چگالی	
۴۱	۲-۴-۳ محاسبه‌ی پذیرفتاری غیرخطی مرتبه دوّم با استفاده از ماتریس چگالی	
۴۵	۳-۴-۳ محاسبه‌ی پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوّم با استفاده از ماتریس چگالی	
۵۲	۴-۴-۳ محاسبه‌ی تغییرات ضریب جذب و ضریب شکست	
۵۵	۵-۳ بحث و نتیجه‌گیری	
۵۶	فصل چهارم: بررسی خواص اپتیکی چاه کوانتومی جفت‌شده متقارن	
۵۶	۱-۴ مقدمه	
۵۷	۲-۴ تاثیر پهنای سد، پهنای چاه‌ها و غلظت آلومینیوم بر ویژه مقادیر انرژی	
۶۳	۳-۴ تاثیر پهنای سد، پهنای چاه‌ها و غلظت آلومینیوم بر ضریب جذب	
۶۷	۴-۴ تاثیر پهنای سد، پهنای چاه‌ها و غلظت آلومینیوم بر تغییرات ضریب شکست	
۷۱	۵-۴ بحث و نتیجه‌گیری	
۷۲	فصل پنجم: بررسی خواص اپتیکی چاه کوانتومی جفت‌شده نامتقارن	
۷۲	۱-۵ مقدمه	
۷۳	۲-۵ تاثیر پهنای سد، پهنای چاه‌ها و غلظت آلومینیوم بر ویژه مقادیر انرژی	

صفحه	فهرست مطالب	عنوان
۷۵	۳-۵	تاثیر پهنای سد، پهنای چاه‌ها و غلظت آلومینیوم بر ضریب جذب
۷۹	۴-۵	تاثیر پهنای سد، پهنای چاه‌ها و غلظت آلومینیوم بر تغییرات ضریب شکست
۸۲	۵-۵	تاثیر پهنای سد، پهنای چاه‌ها و غلظت آلومینیوم بر ضریب یکسوسازی نوری
۸۶	۶-۵	بحث و نتیجه‌گیری
۸۷		فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد
۸۷	۱-۶	نتیجه‌گیری
۸۸	۲-۶	پیشنهاد
۸۹		مراجع

صفحه	عنوان	فهرست شکل‌ها
۷	شکل ۱-۱ نمایشی از یک ماده کپه‌ای (a)، چاه کوانتومی (b)، سیم کوانتومی (c) و نقطه کوانتومی (d) همراه با چگالی حالت‌های انرژی آن‌ها.	
۹	شکل ۲-۱ نمایشی از فرآیند وارونی جمعیت در یک لیزر سه ترازی	
۱۴	شکل ۱-۲ نمایشی از دو اتم مجزا (a)، یک مولکول (b) و جسم جامد (c).	
۱۵	شکل ۲-۲ اتم مجزا (a)، فلز (b)، نیم‌رسانا (c) و عایق (d).	
۱۷	شکل ۳-۲ نمایشیک تابع بلوخ (پایین) به صورت یک موج تخت (بالا) که توسط یک تابع دوره‌ای که دوره آن برابر با دوره‌ی شبکه می‌باشد (وسط).	
۲۰	شکل ۴-۲ یک لایه‌ی GaAs که توسط $(Al_xGa_{1-x}As)$ احاطه شده (سمت چپ) و حرکت سطحی یک حامل بار درون چاه (سمت راست).	
۲۲	شکل ۵-۲ منحنی‌های پاشندگی در سطح K_{xy} و ساختار زیر ترازها برای چاه کوانتومی.	
۲۳	شکل ۶-۲ نمایش کلی یک چاه کوانتومی مربعی جفت‌شده	
۲۳	شکل ۷-۲ جواب معادله‌ی شرودینگر برای قسمت‌های مختلف چاه و سد کوانتومی	
۲۸	شکل ۸-۲ مقایسه نمودارهای خطی (a) و غیرخطی (b).	
۲۹	شکل ۹-۲ فرایند یکسوسازی نوری	
۳۰	شکل ۱۰-۲ فرایند تولید هماهنگ مرتبه‌ی دوّم	
۴۲	شکل ۱-۳ نمودار فرآیندهای غیرخطی مرتبه‌ی دوم. الف) تولید جمع بسامدها، ب) تولید تفاضل بسامدها.	

صفحه	فهرست شکل‌ها	عنوان
۴۶	شکل ۲-۳ نمودار فرایندهای غیرخطی مرتبه‌ی سوم. الف) ترکیب چهار موج، ب) تولید هماهنگ مرتبه‌ی سه، پ) اثر اپتیکی کر، و ت) اثر رامان واداشته.	
۵۶	شکل ۱-۴. نمایش طرح کلی یک چاه کوانتومی جفت شده متقارن	
۵۸	شکل ۲-۴ تابع موج حالت پایه (منحنی پیوسته) و اولین حالت برانگیخته (منحنی خط چین) برای $x = 0.3, W_L = W_R = 30 \text{ \AA}$. به‌ازای، $(a) W_B = 0, (b) W_B = 10 \text{ \AA}, (c) W_B = 40 \text{ \AA}, (d) W_B = 20 \text{ \AA}$.	
۵۹	شکل ۳-۴ تغییرات انرژی حالت پایه و اولین حالت برانگیخته بر حسب W_B ، به‌ازای سه مقدار متفاوت x (غلظت آلومینیوم).	
۶۰	شکل ۴-۴ تغییرات اختلاف انرژی حالت پایه و اولین حالت برانگیخته برای سه مقدار مختلف غلظت آلومینیوم.	
۶۱	شکل ۵-۴ تغییرات عنصر ماتریسی μ_{21} بر حسب W_B برای سه مقدار مختلف x .	
۶۱	شکل ۶-۴ تغییرات اختلاف انرژی حالت پایه و اولین حالت برانگیخته بر حسب W_B به‌ازای $x = 0.3$.	
۶۲	شکل ۷-۴ تغییرات عنصر ماتریسی μ_{21} بر حسب W_B به‌ازای $x = 0.3$.	
۶۳	شکل ۸-۴ تغییرات ضریب جذب خطی، غیرخطی و ضریب جذب کل بر حسب انرژی فوتون فرودی $(\hbar\omega)$ به‌ازای $x = 0.3$.	
۶۴	شکل ۹-۴ تغییرات ضریب جذب کل بر حسب انرژی فوتون فرودی $(\hbar\omega)$ به‌ازای $W_B = 10 \text{ \AA}$ و $x = 0.3$.	

صفحه	فهرست شکل‌ها	عنوان
۶۴	شکل ۴-۱۰ تغییرات ضریب جذب خطی (خط پیوسته)، مرتبه سوم (خط چین) و ضریب جذب کل (نقطه چین) بر حسب انرژی فوتون فرودی ($\hbar\omega$) به ازای $W_E = 10 \text{ \AA}$.	
۶۵	شکل ۴-۱۱ تغییرات بیشینه ضریب جذب خطی (a)، غیرخطی (b) و ضریب جذب کل (c) بر حسب W_E به ازای $x = 0.3$.	
۶۶	شکل ۴-۱۲ تغییرات ضریب جذب بیشینه بر حسب W_E برای مقادیر مختلف غلظت آلومینیوم.	
۶۷	شکل ۴-۱۳ تغییرات ضریب شکست خطی، غیرخطی و ضریب شکست کل بر حسب انرژی فوتون فرودی به ازای $x = 0.3$ برای مقادیر متفاوت W_E .	
۶۸	شکل ۴-۱۴ تغییرات ضریب شکست خطی، غیرخطی و ضریب شکست کل بر حسب انرژی فوتون فرودی به ازای $x = 0.3$ و برای مقادیر متفاوت $W_L = W_R$.	
۶۸	شکل ۴-۱۵ تغییرات ضریب شکست خطی، غیرخطی و ضریب شکست کل بر حسب انرژی فوتون فرودی به ازای $W_E = 10 \text{ \AA}$ برای مقادیر متفاوت x .	
۶۹	شکل ۴-۱۶ تغییرات بیشینه ضریب شکست خطی، غیرخطی و بیشینه ضریب شکست کل بر حسب W_E به ازای $x = 0.3$.	
۷۰	شکل ۴-۱۷ تغییرات بیشینه ضریب شکست کل بر حسب W_E برای غلظت‌های مختلف آلومینیوم.	
۷۲	شکل ۵-۱ نمایش چاه کوانتومی جفت شده	
۷۳	شکل ۵-۲ تابع موج حالت پایه (خط پیوسته) و اولین حالت برانگیخته (خط چین) به ازای $W_L = 80 \text{ \AA}$ ، $x = 0.3$ و $W_R = 50$.	
۷۴	شکل ۵-۳، (a) تغییرات انرژی حالت پایه و اولین حالت برانگیخته، (a) تغییرات E_{21} و (c) تغییرات عنصر ماتریسی μ_{21} بر حسب W_E به ازای $W_L = 80 \text{ \AA}$ و $x = 0.3$.	

- ۷۵ شکل ۴-۵ تغییرات ضریب جذب خطی، غیرخطی و ضریب جذب کل بر حسب انرژی فوتون
- ۷۶ شکل ۵-۵ تغییرات ضریب جذب خطی، غیرخطی و ضریب جذب کل بر حسب انرژی فوتون فرودی ($\hbar\omega$) برای مقادیر متفاوت W_R به ازای $W_L = 80 \text{ \AA}$ ، $x = 0.3$ ، $W_B = 25 \text{ \AA}$.
- ۷۷ شکل ۶-۵ تغییرات ضریب جذب خطی، غیرخطی و ضریب جذب کل بر حسب انرژی فوتون فرودی ($\hbar\omega$) برای غلظت‌های متفاوت آلومینیوم $W_L = 80 \text{ \AA}$ ، $W_B = 25 \text{ \AA}$ و $W_R = 50 \text{ \AA}$.
- ۷۸ شکل ۷-۵ تغییرات بیشینه ضریب جذب خطی (a)، غیرخطی (b) و ضریب جذب کل (c)، بر حسب W_B به ازای $W_L = 80 \text{ \AA}$ و $x = 0.3$.
- شکل ۸-۵ تغییرات بیشینه ضریب جذب کل بر حسب W_B برای مقادیر متفاوت x به ازای،
- ۷۹ $W_L = 80 \text{ \AA}$ ، $W_R = 50 \text{ \AA}$.
- ۷۹ شکل ۹-۵ تغییرات ضریب شکست خطی، غیرخطی و ضریب شکست کل بر حسب انرژی فوتون فرودی ($\hbar\omega$) برای مقادیر مختلف W_B به ازای $x = 0.3$ و $W_L = 80 \text{ \AA}$ و $W_R = 50 \text{ \AA}$.
- ۸۰ شکل ۱۰-۵ تغییرات بیشینه ضریب شکست خطی (a)، غیرخطی (b) و بیشینه ضریب شکست کل (c)، بر حسب W_B برای مقادیر متفاوت W_R به ازای $W_L = 80 \text{ \AA}$ و $x = 0.3$.
- شکل ۱۱-۵ تغییرات بیشینه ضریب شکست کل برای مقادیر مختلف غلظت آلومینیوم بر حسب W_B به ازای $W_L = 80 \text{ \AA}$ و $W_R = 50 \text{ \AA}$.
- ۸۱ شکل ۱۲-۵ تغییرات ضریب یکسوسازی نوری بر حسب انرژی فوتون فرودی ($\hbar\omega$) برای مقادیر متفاوت W_B به ازای $x = 0.3$ و $W_L = 80 \text{ \AA}$ و $W_R = 50 \text{ \AA}$.
- ۸۲ شکل ۱۳-۵ تغییرات عامل هندسی $(\mu_{21}^2 \times (\mu_{22} - \mu_{11}))$ بر حسب W_B به ازای $x = 0.3$ و $W_L = 80 \text{ \AA}$.
- ۸۴ شکل ۱۴-۵ تغییرات بیشینه ضریب یکسوسازی نوری بر حسب W_B به ازای $W_L = 80 \text{ \AA}$ و $x = 0.3$.

صفحه	فهرست شکل‌ها	عنوان
۸۵	شکل ۵-۱۵ تغییرات بیشینه ضریب یکسوسازی نوری بر حسب W_R به ازای $W_E = 40 \text{ \AA}$ و $x = 0.3$ و $W_L = 100 \text{ \AA}$	
۸۶	شکل ۵-۱۶ تغییرات بیشینه ضریب یکسوسازی نوری بر حسب W_E برای مقادیر مختلف x به ازای $W_R = 50 \text{ \AA}$ و $W_L = 80 \text{ \AA}$	

فصل اول

۱-۱ مقدمه

پیدایش فناوری نانو انقلاب عظیمی در تمامی علوم اعم از الکترونیک، پزشکی، صنایع فضایی و صنایع نظامی به وجود آورده است. یکی از زمینه‌های این فناوری که موضوع پژوهش بسیار وسیعی در قرن حاضر بوده، نیمرساناهای دوبعدی می‌باشد. علاقه به چنین ساختارهایی اساساً در نتیجه‌ی ویژگی منحصر به فرد پدیده‌های فیزیکی مربوط به این ساختارها و کاربردهای آنها در ساخت قطعات اپتیکی و الکترونیکی است. چاه‌های کوانتومی دارای چگالی حالت‌های الکترونی گسسته می‌باشند و این ویژگی منجر به ایجاد خاصیت‌های جالبی در خواص اپتیکی آنها می‌شود. نانو تکنولوژی امکان حل مشکلات اساسی نیمرساناها را فراهم کرده است و توسط آن کنترل بسیاری از پارامترهای بنیادی بلور نیمرساناها فراهم شده است. این پارامترها شامل گاف انرژی، جرم موثر ذرات و... هستند که با تنظیم و کنترل دقیق آنها قطعاتی نیمرسانا با کارایی بالا ساخته می‌شود. مهمترین کاربرد این قطعات در انواع لیزرها می‌باشد. از آنجا که ساخت انواع لیزرها جهت کاربردهای مختلف منوط به شناخت ویژگی‌های اپتیکی خطی و غیر خطی نانو ساختار بکار برده شده می‌باشد، بررسی و مطالعه‌ی این خواص اهمیت فوق‌العاده‌ای پیدا می‌کند. در این میان بیشترین توجه معطوف به پذیرفتاری غیر خطی می‌باشد. همچنین برای کمینه کردن توان مصرفی و جلوگیری از گرم شدن بیش از اندازه‌ی تراشه‌ی لیزر، کارایی تبدیل توان تا جایی که ممکن است باید زیاد باشد. این کارایی به نوبه‌ی خود به ساختار نواری محیط فعال بستگی دارد. اختراع لیزرهای چاه کوانتومی نشان داد که شکل ساختار نواری چاه کوانتومی سبب بهبود کارایی لیزر می‌شود. در سال‌های اخیر خواص اپتیکی غیر خطی سیستم‌های کوانتومی با ابعاد نانو از قبیل چاه‌های کوانتومی، سیم‌های کوانتومی و نقاط کوانتومی توجه محققین آزمایشگاهی و نظریه پردازان را به خود جلب کرده است. نانو تکنولوژی چنان نگرش به تکنولوژی را متحول ساخته که در صورت تحقق و رسیدن به مقصدی که برای آن ترسیم شده است، شاید بزرگترین جهش انسان برای صعود به قله‌های رفیع علم باشد. از این رو هدف ما بررسی خواص

اپتیکی چاه‌های کوانتومی جفت‌شده جهت افزایش کارایی لیزرهای چاه کوانتومی که کاربرد وسیعی در علوم و فنون نظامی، مخابراتی و پزشکی پیدا کرده‌اند، می‌باشد. در این رساله یک سیستم دوچاهی کوانتومی با عمق محدود در نظر گرفته می‌شود و خواص اپتیکی آن به صورت تحلیلی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۱-۱ تاریخچه نانو

اولین بار ریچارد فاینمن^۱ برنده جایزه نوبل فیزیک پتانسیل نانو علم را در یک سخنرانی تکان دهنده با نام "در پایین، فضای خالی زیادی وجود دارد." مطرح کرد. فاینمن اصرار داشت که دانشمندان ساخت وسایلی را، که برای کار در مقیاس اتمی لازم است، شروع کنند. این موضوع مسکوت ماند تا اینکه اریک درکسلر^۲ (دانشجویی تحصیلات تکمیلی MIT) یک چارچوب کاری برای مطالعه‌ی وسایلی که توانایی حرکت دادن اشیای مولکولی و تعیین مکان آن‌ها را با دقت اتمی دارند، ایجاد کرد.

درکسلر کار خود را با کتابی به نام "موتورهای خلقت" دنبال کرد و توسعه مفهوم نانو تکنولوژی، را همانند یک کوشش علمی ادامه داد. درکسلر و کرسیتین پترسون^۳ در سال ۱۹۸۶ پژوهشگاه فورسایت^۴ را به منظور پیشرفت علوم و مهندسی تولیدات مولکولی پایه گذاری کردند. اولین نشانه‌های ثبت شده از این مفهوم نانو تکنولوژی تغییر مکان دادن اشیای مولکولی در سال ۱۹۸۹ است، موقعی که در مرکز تحقیقات IBM اتم‌های منفرد گزنون را روی صفحه نیکل حرکت دادند، تا نام IBM روی سطح نیکل نقش بندد. درکسلر اولین کسی بود که دکترایش را در زمینه فناوری نانو مولکولی دریافت نمود [۱].

¹Richard Feynman

²Eric Drexler

³Chrectian peterson

⁴Forsigh institue

۱-۱-۲ نانو تکنولوژی

امروزه آنچه به عنوان ثروت و رفاه برای کشورها ذکر می‌شود، تکنولوژی است. بشر امروز دغدغه دست یافتن به تکنولوژی جدید مثل نانو را دارد. ترویج فناوری نانو صرفاً به معنای فناوری و کاربردهای آن نمی‌باشد بلکه ترویج باید زمینه ساز ایجاد سایر زیرساخت‌های توسعه فناوری و رفع مشکلات موجود بر سر راه توسعه آن باشد. ولی این موضوع بدون آگاهی از "مدیریت فناوری"^۱ و درک مشکلات توسعه آن امکان پذیر نیست. نانو تکنولوژی طراحی، ساخت، توسعه و استفاده از محصولاتی که اندازه آن‌ها در بازه‌ی ۱ تا ۱۰۰ نانومتر قرار دارند می‌باشد. نانو یک مقیاس جدید در فناوری و یک رویکرد جدید در تمام رشته‌ها است و این توانایی را به بشر می‌دهد تا دخالت خود را در ساختار مواد گسترش دهد و در ابعاد بسیار ریز به طراحی و ساخت دست بزند و در تمام فناوری‌هایی که بشر در حال حاضر به آن دست یافته، اثر بگذارد.

۱-۱-۳ شاخه‌های فناوری نانو

به طور کلی مطالعات نانو فناوری را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد. اگر چه روش‌های تحقیقاتی در آن‌ها با یکدیگر متفاوت است، اما این سه شاخه کاملاً به یکدیگر مرتبط هستند و پیشرفت در یکی از شاخه‌ها می‌تواند در شاخه‌های دیگر نیز کاملاً موثر باشد. این سه شاخه عبارت‌اند از:

(۱) **نانو تکنولوژی مرطوب:** این شاخه به مطالعه‌ی سیستم‌های زنده‌ای می‌پردازد که اساساً در محیط‌های آبی وجود دارند. این شاخه دربرگیرنده‌ی علوم پزشکی، دارویی و به طور کلی علوم و روش‌های مرتبط با زیست فناوری است.

(۲) **نانو تکنولوژی خشک:** این شاخه، از علوم پایه (شیمی و فیزیک) مشتق می‌شود و به مطالعه‌ی تشکیل ساختارهای کربنی، سیلیکونی و مواد غیر آلی و فلزی می‌پردازد. نکته قابل

¹Technology treatment