بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق-الکترونیک

تحلیل رفتار سالیتون مکانی در ساختارهای متقارن پاریته-زمان ***(PTS)***

برای طراحی افزاره های نوری

مینا نظری

استاد راهنما:

دکتر محمد کاظم مروج فرشی

تیرماه ۱۳۹۱

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم مینا نظری پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **تحلیل رفتار سالیتون مکانی در ساختارهای متقارن پاریته – زمان (PTS) برای طراحی افزاره های نوری** در تاریخ ۱۳۹۱/۴/۲۷ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد الکترونیک پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمدکاظم مروج فرشی	استاد	
استاد ناظر	دکتر وحید احمدی	استاد	
استاد ناظر	دکتر داود فتحی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر رحیم فائز	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر وحید احمدی	استاد	

آيين‌نامه حق مالكيت مادي و معنوي در مورد نتايج پژوهشهاي علمي دانشگاه تربيت مدرس

مقدمه: با عنايت به سياست‌هاي پژوهشي و فناوري دانشگاه در راستاي تحقق عدالت و كرامت انسانها كه لازمه شكوفايي علمي و فني است و رعايت حقوق مادي و معنوي دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضاي هيأت علمي، دانشجويان، دانش‌آموختگان و ديگر همكاران طرح، در مورد نتايج پژوهشهاي علمي كه تحت عناوين پايان‌نامه، رساله و طرحهاي تحقيقاتي با هماهنگي دانشگاه انجام شده است، موارد زير را رعايت نمايند:

ماده ۱- حق نشر و تكثير پايان نامه/ رساله و درآمدهاي حاصل از آنها متعلق به دانشگاه مي باشد ولي حقوق معنوي پديد آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله يا مقالات مستخرج از پايان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشريات علمي و يا ارائه در مجامع علمي بايد به نام دانشگاه بوده و با تاييد استاد راهنماي اصلي، يكي از اساتيد راهنما، مشاور و يا دانشجو مسئول مكاتبات مقاله باشد. ولي مسئوليت علمي مقاله مستخرج از پايان نامه و رساله به عهده اساتيد راهنما و دانشجو مي باشد.

تبصره: در مقالاتي كه پس از دانش‌آموختگي بصورت تركيبي از اطلاعات جديد و نتايج حاصل از پايان‌نامه/ رساله نيز منتشر مي‌شود نيز بايد نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار كتاب، نرم افزار و يا آثار ويژه (اثري هنري مانند فيلم، عكس، نقاشي و نمايشنامه) حاصل از نتايج پايان‌نامه/ رساله و تمامي طرحهاي تحقيقاتي كليه واحدهاي دانشگاه اعم از دانشكده ها، مراكز تحقيقاتي، پژوهشكده ها، پارك علم و فناوري و ديگر واحدها بايد با مجوز كتبي صادره از معاونت پژوهشي دانشگاه و براساس آئين نامه هاي مصوب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوين دانش فني و يا ارائه يافته ها در جشنواره‌هاي ملي، منطقه‌اي و بين‌المللي كه حاصل نتايج مستخرج از پايان‌نامه/ رساله و تمامي طرح‌هاي تحقيقاتي دانشگاه بايد با هماهنگي استاد راهنما يا مجري طرح از طريق معاونت پژوهشي دانشگاه انجام گيرد.

ماده ٥- اين آيين‌نامه در ٥ ماده و يك تبصره در تاريخ ۸۷/٤/۱ در شوراي پژوهشي و در تاريخ ۸۷/٤/۲۳ در هيأت رئيسه دانشگاه به تاييد رسيد و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱٥ شوراي دانشگاه به تصويب رسيده و از تاريخ تصويب در شوراي دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب..مینا نظری دانشجوي رشتهبرق /الکترونیک ورودي سال تحصیلي۱۳۸۹
مقطع .کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر . متعهد مي شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادي و معنوي در مورد نتایج پژوهش هاي علمي دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته هاي علمي مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلي خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگي مي دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوري ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:.....

.....

تاریخ:

۱۳۹۱ /۷/۹ .....

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته برق/الکترونیک است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر محمد کاظم مروج فرشی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب مینا نظری دانشجوی رشته برق/الکترونیک

مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مینا نظری

تاریخ و امضا:

۱۳۹۱/۷/۹

تقدیم به

پدرم به استواری کوه

مادرم به زلالی چشمه

همسرم به صمیمیت باران

برادرم به مهربانی آفتاب

تشکر و قدردانی

با ستایش بیکران به پیشگاه آفریدگار مهربان؛ تقدیر و تشکر فراوان دارم از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر مروج فرشی که اندیشه و روان مرا آموخت و نیز اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر احمدی، جناب آقای دکتر فتحی و همکار و همراه خوبم جناب آقای مهندس فخرالدین نظری، همچنین سپاسگزارم به پیشگاه مادر، پدر، همسر، برادر و خانواده ارجمند همسرم که مرا در انجام این پایان نامه صمیمانه یاری دادند.

مینا نظری

تیرماه ۱۳۹۱

چکیده

در این پژوهش به بررسی رفتار نوسانی سالیتون مکانی نوری در ساختارهایی با پتانسیل مختلط (با توزیع Scarf II) که دارای شرط تقارن مکان-زمان[۱] (PT) است، پرداخته می‌شود. بدین منظور، ابتدا با استفاده از ساختار نوار موجبر با روش فلاکت بلاخ[۲] آستانه‌ی قسمت موهومی ضریب شکست در این موجبر به‌دست آورده می‌شود. لازم به‌یاد آوری است، چنانچه مقدار بخش موهومی از این مقدار آستانه بیشتر شود گذار فاز رخ می‌دهد و طیف انرژی مختلط خواهد شد. سپس با حل عددی معادله شرودینگر غیرخطی در این موجبر، به بررسی تاثیر شکل توزیع ضریب شکست موجبر بر فاز نور ورودی پرداخته و با استفاده از روش تبدیل فوریه با گام‌های مجزا[۳](SSFM) رفتار نوسانی نور در موجبر حقیقی و مختلط Scarf II شبیه‌سازی می‌شود. سپس عوامل موثر بر رفتار نور همچون اندازه‌ی تیزی نور ورودی و مکان ورود نور بر رفتار نوسانی بررسی و نحوه‌ی تغییر رفتار نور در حین انتشار مطالعه می‌شود.

دراین پایان‌نامه نشان داده شده است، برخلاف رفتار سالیتون مکانی در درون سلول‌های حقیقی، حتی هنگامی که نور به طور عمود بر مرکز تقارن سلول PT فرود آمده وارد آن شود در حین انتشار رفتار نوسانی از خود نشان خواهد داد. اما اگر سالیتون ورودی از یک حد معین تیزتر باشد در هنگام ورود در مرکز تقارن به دام افتاده و نوسان نخواهد کرد. دراین صورت رفتار سالیتون را می‌توان با پاسخ حالت پایدار معادله شرودینگر غیر خطی نیز توصیف کرد.

یکی از ویژگی‌های بارز ساختارهای متقارن PT انتشار وارون‌ناپذیر نور درآن‌هاست. در این پایان‌نامه، برای اولین بار این خاصیت وارون ناپذیری در یک سلول متقارن PT با رفتار نوسانی نور به

---

۱ Parity Time

۲ Flouqet Bloch

۳ Split Step Fourier Method`

تصویر کشیده می‌شود.در پایان، با بهره‌گیری از اثر وارون ناپذیری، ایزولاتوری با طول ۶mm و عرض ۲۰ m، برای مود اصلی نور ورودی با پهنای ۴ m در طول موج ۱/۵۵ m طراحی شده است.

کلیدواژه: تقارن مکانی زمانی- سالیتون مکانی-موجبر Scarf II

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... الف

فهرست شکل‌ها و جداول ..... ب

فصل ۱- مقدمه ۱

فصل ۲- ساختارهای متقارن پاریته زمان (PT) ۷

۲-۱- تقارن PT ۷

۲-۲- تعامد برای توابع ویژه PT ۹

۲-۳- ساختار نوری متقارن ۱۱

۲-۴- استخراج معادله دینامیک باریکه از معادله موج ۱۳

۲-۵- ساختار نوار شبکه های نوری متقارنPT ۱۵

۲-۶- جبر ضرب داخلی برای پتانسیل های متناوب PT ۱۹

۲-۷- تعامد در یک تک سلول PT : ۲۰

۲-۸- ضریب های تصویر در شبکه نامحدود PT ۲۲

۲-۹- نوسان توان در شبکه های نوریPT ۲۳

فصل ۳- سالیتون های مکانی ۲۷

۳-۱- معادله شرودینگر غیرخطی در محیط کِر ۲۷

۳-۲- حرکت نوسانی سالیتون ۳۰

۳-۳- سالیتون مکانی در ساختار های متقارنPT ۳۰

۳-۳-۱- سالیتون مکانی در سلول متقارن PT ۳۲

۳-۳-۲- سالیتون مکانی در شبکه متناوب متقارن PT: ۳۶

فصل ۴- روش های شبیه سازی ۴۱

۴-۱- روش تبدیل فوریه با گام های مجزا(SSFM) ۴۱

۴-۲- روش تکرار عملگر اصلی ۴۳

۴-۳- روش فلاکت بلاخ برای رسم ساختار نوار ۴۵

۴-۴- روش تکامل زمان-موهومی شتاب یافته (AITEM) ۴۷

فصل ۵- رفتار سالیتون درمحیط ناهمگن متقارن پاریته زمان (PT) ۴۹

۵-۱- موجبر Scarf II: ۴۹

۵-۱-۱- موجبر حقیقی Scarf II: ۵۱

۵-۱-۲- موجبر مختلط متقارن PT به فرمScarf II: ۵۵

۵-۱-۲-۱- نقطه آستانه خطی برای موجبر Scarf II ۵۶

۵-۱-۲-۲- شتاب در موجبر مختلط ۵۸

۵-۱-۲-۳- اثر ترم موهومی ضریب شکست موجبر در حالت تحریک از مرکز ۵۹

۵-۱-۲-۴- اثر تیزی نور وارد شده به موجبر در حالت تحریک از مرکز ۶۴

۵-۱-۲-۵- اثر نقطه تحریک نور ۶۸

۵-۲- طراحی افزاره ای مبتنی بر رفتار نوسانی نور در موجبر متقارن Scarf II ۷۶

۵-۳- سوییچ مکانی ۲×۲ مبتنی بر ساختار متقارن PT ۷۷

۵-۳-۱- طراحی سوییچ مکانی متقارن PT ۷۸

۵-۳-۲- فرمولبندی ۷۸

فصل ۶- نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۳

۶-۱- نتیجه گیری ۸۳

۶-۲- پیشنهادات ۸۴

فهرست مراجع ۸۶

واژه نامه فارسی به انگلیسی ۸۸

واژه نامه انگلیسی به فارسی ۹۱

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
اوپراتور تکانه	$\hat{p}$
پتانسیل	V
تابع موج	Ψ
ثابت کوپلینگ	κ
جرم	m
جهت انتشار	Z
عملگر زمان	$\hat{T}$
عملگر همیلتونین	H
پذیرفتاری غیر خطی	χ
ثابت گذردهی فضای آزاد	ε_o
چگالی شار–توان عرضی	S
چگالی شار میدان نوری	D
سرعت نور در فضای آزاد	c
ضریب بهره	γ
ضریب نفوذ پذیری فضای آزاد	^{o}
طول کوپلینگ	L_c
عملگر پاریته	P
فرکانس زاویه‌ای	ω

فهرست شکل‌ها و جداول

عنوان **صفحه**

شکل ۲- ۱- مقادیر ویژه انرژی معادله (۲-۷) بر حسب تغییرات ε [۲۵] ۸

جدول ۲-۱- مقایسه دقیق معادلات شرودینگر(سمت چپ) و پیرا محوری(سمت راست) ۱۱

شکل ۲- ۲- توزیع ضریب شکست بر اساس تقارنPT ۱۲

شکل ۲- ۳- (a) اجزای حقیقی(خطوط ممتد) و موهومی(خط چین) یک شبکه متقارن PT با V_o= ۰/۳ ، (b)ساختار نوار (دو باند اول) برای یک پتانسیل برای مقادیر مختلف بهره/تلفات برای V_o = ۰/۳ (خط چین) و V_o = ۰/۵ (خط ممتد) ،(c) قسمت حقیقی دو باند اول برای پتانسیل V_o = ۰/۸۵ ، (d)قسمت موهومی دو باند اول برای یک پتانسیل V_o = ۰/۸۵ [۲۷]..... ۱۶

شکل ۲- ۴- شدت پروفیل های مدهای FB نرمالیزه شده باند اول شبکه متقارن PT برای مقادیر مختلف V_o. و اعداد موج (k). برای V_o =۰/۴۹ (زیر آستانه PT) مدهای FB با اعداد موج بلاخ (a) ۱- =k، (b) ۰/۵=k (خط چین)، ،۰/۵- =k (خطوط ممتد), (c) ۰=k. برای نقطه V_o =۰/۸۵ بالای نقطه گذار فاز ، (d) ۱- =k،(e) ۰/۵=k (مد FB باند دوم) (خط چین)،۰/۵- =k (خطوط ممتد)،(f) ۰=k. در تمامی موارد بخش حقیقی خطوط پتانسیل پریودیک (نقطه چین های ممتد)[۲۷]..... ۱۸

شکل ۲- ۵-الگوی شکست در شبکه متقارن PT تحت تحریک باریکه پهن، برای V_o =۰/۴۹ (زیر نقطه گذار فاز). تغییرات شدت دو باریکه با زاویه ورودی متفاوت، که منجر میشود به (a) الگوی هلالی شکل، (b) تجزیه شدن به ۳ باریکه مجزا. نمودار ضریب های تصویر متناظر برای این دو باریکه به ترتیب برای (c) باند اول(خط ممتد)، باند دوم(نقطه چین)، (d) باند اول(نقطه-خط چین)، باند دوم (نقطه چین)، باند سوم(خط ممتد). نوسانات توان، با توجه به فاصله انتشار،(e)،(f)، به ترتیب برای باریکه های ورودی (a)،[(b)۲۷]..... ۲۴

شکل ۳- ۱: قسمت حقیقی و موهومی میدان در موجبری با توزیع Scarf II به ازای مقادیر V_o =۱,W_o=۰/۴۵ ..... ۳۴

شکل ۳- ۲:انتشار موج در راستای z در موجبری با توزیع Scarf II به ازای مقادیر V_o =۱, W_o =۰/۴۵..... ۳۵

شکل ۳- ۳:چگالی شار توان در راستای z در موجبری با توزیع Scarf II به ازای مقادیر V_o =۱, W_o =۰/۴۵..... ۳۵

شکل ۳- ۴: قسمت حقیقی و موهومی میدان در موجبری با توزیع متناوب متقارن با معادله (۳-۲۵) به ازای $V_o=۱$ و $W_o=۰/۴۵$ ۳۷

شکل ۳- ۵:انتشار موج در راستای z در موجبری با توزیع متناوب متقارن با معادله (۳-۲۵) به ازای $V_o=۱$, $W_o=۰/۴۵$ ۳۷

شکل ۳- ۶:چگالی شار توان در راستای z در موجبری با توزیع متناوب متقارن با معادله (۳-۲۵) به ازای $V_o=۱$, $W_o=۰/۴۵$ ۳۸

شکل ۳- ۷: قسمت حقیقی و موهومی میدان در موجبری با توزیع متناوب متقارن با معادله (۳-۲۵) به ازای $V_o=۱$, $W_o=۰/۶$ ۳۹

شکل ۳- ۸:انتشار موج در راستای zدر موجبری با توزیع متناوب متقارن با معادله (۳-۲۵) به ازای $V_o=۱$, $W_o=۰/۶$ ...۳۹

شکل ۳- ۹: چگالی شار توان در راستای z در موجبری با توزیع متناوب متقارن با معادله (۳-۲۵) به ازای $V_o=۱$, $Wo=۰/۶$ ۴۰

شکل ۴- ۱: نمودار مورد استفاده در شبیه سازی به روش فوریه به همراه پله های جزئی(SSFM) ۴۲

شکل ۵-۱ : توزیع موجبر Scraff II حقیقی با پارامترهای $V_۱=۰/۰۵$ و $V_۲=۰$ ۵۱

شکل ۵-۲ : توزیع میدان ورودی سالیتون برای موجبر Scraff II با قسمت $V_۱=۰/۰۵$ و $V_۲=۰$ ۵۲

شکل ۵-۳ : انتشار میدان سالیتون برای موجبر حقیقی Scraff II با $V_۱=۰/۰۵$ ،$V_۲=۰$ و $\eta=۱$ به ازای مکان های ورودی متفاوت (a) $X_o=۰$ (b) $X_o=-۰/۸۵$ (c) $X_o=+۰/۸۵$ ۵۳

شکل ۵-۴ : توزیع شتاب برای موجبر حقیقی Scraff II به ازای $V_۱=۰/۰۵$ ،$V_۲=۰$, ۱ ، ۲ ، $\eta=۰/۵$ ۵۵

شکل ۵-۵ : موجبر Scraf II به ازای $V_۱=۰/۰۵$ و $V_۲=۰/۰۵$ ، ۰/۱،۰/۲،۰/۳ ..... ۵۶

شکل ۵-۶ : قسمت حقیقی ساختار نوار موجبر مختلط Scraff II به ازای $V_۱=۱$ و (a) $V_۲=۱<V_۲^{th}$ $V_۲=۱/۲۵=V_۲^{th}$ (b) (c) $V_۲=۱/۵>V_۲^{th}$ ۵۷

شکل ۵-۷ : میدان ورودی سالیتون برای موجبر Scraff II به ازای $V_۱=۰/۰۵$ و $V_۲=۰/۰۵$ ۵۹

شکل ۵-۸ : (a)ضریب فاز (b) مکان متوسط سالیتون در موجبر Scraff II به ازای$\eta=۱$ ، $X_o=۰$ ، $V_۱=۰/۰۵$ و ۰/۳ و $V_۲=۰$ ، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲ ..... ۶۰

شکل ۵-۹ : انتشار میدان سالیتون برای موجبر Scraff II به ازای η=۱ ، V_1 = ۰/۰۵ و X_o= ۰ با V_2=۰/۰۵(a) ، V_2=۰/۱(b) ، V_2=۰/۲ (c) ، V_2 = ۰/۳ (d) ۶۲

شکل ۵-۱۰ : توزیع سه بعدی انتشار میدان سالیتون در موجبر Scraff II به ازای η=۱ ، V_1 = ۰/۰۵ ، X_o= ۰ و V_2 =۰/۳ ..... ۶۴

شکل ۵-۱۱ : ضریب فاز برای سالیتون در موجبر Scraff II به ازای V_2=۰/۱ ، X_o = ۰ و V_1 = ۰/۰۵ و ۲، ۱/۵، ۱، ۰/۵ = η ۶۵

شکل ۵-۱۲ : مکان متوسط برای سالیتون در موجبر Scraff II به ازای V_2=۰/۱ ، X_o = ۰ ، V_1 = ۰/۰۵ و ۱/۵، ۱، ۰/۵ = η ۶۶

شکل ۵-۱۳: توزیع انتشار برای میدان سالیتون در موجبر Scraff II به ازای V_2=۰/۱ ، X_o = ۰ ، V_1 = ۰/۰۵ و ۰/۵(a) ، η = ۱(b)، η = ۱/۵ (c) و η=۲ (d) ۶۶

شکل ۵-۱۴ : (a) ضریب فاز(b)مکان متوسط (c) توزیع انتشار برای میدان سالیتون در موجبر Scraff II به ازای V_2=۰/۱، X_o = ۰ و η =۱/۷۵ ..... ۶۷

شکل ۵-۱۵ : ضریب فاز برای سالیتون در موجبر Scraff II به ازای V_1=۰/۰۵ ، X_o = -۰/۸۵ و η =۱ ، ۰/۳، ۰/۲، ۰/۱، ۰، V_2 = ۰/۵ ..... ۶۸

شکل ۵-۱۶ : مکان متوسط برای سالیتون در موجبر Scraff II به ازای V_1=۰/۰۵ ، X_o = -۰/۸۵ و η =۱ و ۰/۳، ۰/۲، ۰/۱، ۰ = V_2 ..... ۶۹

شکل ۵-۱۷ : مکان متوسط برای سالیتون در موجبر Scraff II به ازای V_1=۰/۰۵ ، X_o = -۰/۸۵ و V_2 = ۰/۲, η =۱ . ۷۰

شکل ۵-۱۸ : توزیع انتشار برای میدان سالیتون در موجبر Scraff II به ازای V_1=۰/۰۵ ، X_o = -۰/۸۵ ، η =۱ و V_2=۰/۰۵(a)، V_2=۰/۱ (b)، V_2=۰/۲ (c) ، V_2 = ۰/۳ (d) ۷۱

شکل ۵-۱۹ : توزیع سه بعدی برای سالیتون در موجبر Scraff II با V_1=۰/۰۵ ، X_o = +۰/۸۵ و η =۱ V_2 = ۰/۲ ..... ۷۳

شکل ۵-۲۰ : (a) ضریب فاز(b) مکان متوسط و توزیع انتشار برای میدان سالیتون در موجبر Scraff II به ازای V_1 =۰/۰۵، X۰ =۰.۸۵ ،η =۱ و V_2=۰/۰۵(c)، V_2=۰/۱ (d)، V_2=۰/۲ (e ، V_2 = ۰/۳ (f) ۷۴

شکل ۵-۲۱ : توزیع انتشار میدان سالیتون در موجبر Scraf II به ازای V_1=۰/۰۵ ، X_o = +۰/۸۵ ، η=۱ و V_2 =۰/۳ .... ۷۶

شکل ۵-۲۲ : (a) ضریب فاز (b) توزیع انتشار نور تحریک شده از ورودی یک (X_o = -۱.۵) (c) توزیع انتشار نور تحریک شده از ورودی دو (X_o = +۱.۵) برای سالیتون در موجبر Scraff II با V_2 =۰/۱ ،η =۱ ..... ۷۷

شکل ۵-۲۳: شمای یک کوپلر متقارن PT ۲× ۲ ..... ۷۸

شکل۵-۲۴: نمایش (الف) سه بعدی و (ب) دو بعدی، شدت بهنجار شده سیگنال نوری هنگام طی مسیر In۱ به Out۲ و نمایش (ج) سه بعدی و (د) دو بعدی، شدت بهنجار شده سیگنال نوری هنگام طی مسیر In۲ به Out۱ در سوئیچ مکانی شکل ۱ همگی با طول $L = 24.8$ mm به هنگام خاموش بودن پمپ خارجی ($\gamma \approx 0$) ۸۱

شکل۵-۲۵: نمایش (الف) سه بعدی و (ب) دو بعدی، شدت بهنجار شده سیگنال نوری هنگام طی مسیر In۱ به Out۱ و نمایش (ج) سه بعدی و (د) دو بعدی، شدت بهنجار شده سیگنال نوری هنگام طی مسیر In۲ به Out۲ در سوئیچ مکانی شکل ۱ با طول $L = 24.8$ mm به هنگام روشن بودن پمپ خارجی و به‌ازای $\gamma \approx 5.66$ cm^{-1} . ۸۲

فصل ۱- مقدمه

بنابر واقعیت موجود در طبیعت مشهود است که اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی، باید مقادیر حقیقی را نتیجه دهد. در مکانیک کوانتومی این کمیت‌ها به مقدار ویژه‌ی[۱] عملگرها[۲] مربوط می‌شوند و برای حقیقی بودن اندازه گیری‌ها لازم است که مقادیر ویژه‌ی همه‌ی عملگرها کمیت‌هایی حقیقی باشند. تئوری فیزیک کوانتوم بر پایه چند اصل اولیه پیاده شده و توسعه پیدا کرده است. اولا از آنجایی که طیف انرژی یک مفهوم فیزیکی است و هر مفهوم فیزیکی قابل اندازه‌گیری باید مقدار حقیقی نتیجه دهد لذا باید طیف انرژی حقیقی باشد. ثانیا به دلیل اینکه تمام سیستم‌ها می‌خواهند به پایدارترین حالتشان برسند، طیف انرژی پائین به عبارتی پایدارترین حالت انرژی پذیرفته می‌شود. ثالثا به منظور تضمین اصل بقای احتمال، عملگر تغییرات زمانی[۳] آنها باید واحد باشد، به عبارت دیگر در گذر زمان نتایج اندازه‌گیری دستخوش تغییرات نشود[۲-۱].

در مکانیک کوانتوم برای بدست آوردن طیف انرژی از معادله شرودینگر استفاده می‌شود. معادله شرودینگر زمانی (۱-۱) دارای عملگر همیلتونین (شامل مجموع انرژی های جنبشی و پتانسیل معادله (۱-۲)) به صورت زیر بیان می شود :

$$\left(\frac{-h^2}{2m}\nabla^2 + V(r,t)\right)\psi(r,t) = ih\frac{\partial}{\partial t}\psi(r,t) \qquad (۱-۱)$$

$$\hat{H} = \left(\frac{-h^2}{2m_0}\nabla^2 + V(r,t)\right) \qquad (۱-۲)$$

---

[۱] Eigen value

[۲] Operator

[۳] Time Evolution

در مورد عملگر همیلتونین $\widehat{H}$ مقدار ویژه ی، همان طیف انرژی است.

$$E\,\psi(t) = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi(t) \qquad (۳-۱)$$

در مکانیک کوانتوم اثبات می‌شود مقادیر ویژه مرتبط با هر عملگری زمانی حقیقی هستند که آن عملگر هرمیتی باشد. طبق تعریف عملگر A زمانی هرمیتی است که $\hat{A} = \hat{A}^{\dagger}$. این بدان معناست که عملگر A و در حالت کلی‌تر ماتریس همیلتونین A زمانی هرمیتی است که ماتریس A با مزدوج ترانهاده خود برابر باشد که در این صورت حتما طیف انرژی حقیقی است[۳]. از طرفی این نیز پذیرفته شده بود که یک همیلتونی غیرهرمیتی در حالت کلی اولا به دلیل نتیجه دادن طیف انرژی مختلط و ثانیا عدم رعایت اصل بقای احتمال مورد قبول نیست.

در سال های اخیر بندر[۱] و همکارانش توانستند مکانیک کوانتوم را در صفحه مختلط بیان کنند یعنی توزیع پتانسیل مختلط را نیز در مکانیک کوانتومی بررسی کنند، چیزی که در عالم واقعیت معنا و مفهوم فیزیکی ندارد[۴,۵]. آنها طیف بعضی از همیلتونین‌های غیرهرمیتی را بررسی کردند و فهمیدند که تعداد زیادی از همیلتونین‌های غیرهرمیتی می‌توانند به طور کامل طیف حقیقی را تولید کنند.

آنها متوجه شدند که این همیلتونین‌ها دارای ویژگی خاصی هستند؛ به‌طوری که شرط دیراک[۲] در این همیلتونین‌ها جای خود را به شرط تقارن خاصی داده است و در همه این همیلتونین‌ها غیر هرمیتی مشترک است. این ویژگی خاص با عنوان تقارن پاریته زمان[۳] (PT) در مکانیک کوانتوم شناخته شده است. از آنجایی که پتانسیل مختلط در عالم واقعیت معنای فیزیکی ندارد بنا بر مدل سازی [۴] این پتانسیل مختلط نوری در موجبر توسط مناطق تلفاتی و گینی قابل دستیابی است. این ضریب شکست مختلط به فرم $n(r) = n_0 + n_R(r) + in_I(r)$ است به طوریکه n_R قسمت حقیقی و n_I قسمت موهومی

---

[۱] Bender

[۲] Dirac

[۳] Parity Time