بسم الله الرحمن الرحيم

همه‌ی امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی‌سینا همدان تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی‌سینا (استاد یا استادان راهنمای پایان‌نامه) و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

دانشگاه بوعلی سینا
دانشکده‌ی علوم
گروه فیزیک

پایان‌نامه:

برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی فیزیک (گرایش اتمی - مولکولی)

عنوان:

جابجایی‌ها و سوئیچ‌های طیفی قابل تنظیم بوسیله‌ی مدولاسیون فاز

استاد راهنما:
دکتر محمد امیری

پژوهشگر:
هژیر دولت‌خواه

پاییز ۸۸

آنگاه که برای نخستین بار چشم گشودم،
تصویر دو فرشته در افق نگاهم پدیدار شد

آنگاه که تن نحیف من یارای ایستادن نداشت،
دستان مرا گرفتند

یکی تکیه‌گاه زندگیم
و دیگری آموزگار محبتم شد

اینک ثمره‌ی تلاشم را که دفتریست کوچک
به این دو فرشته‌ی مهر

پدر و مادر عزیزم

تقدیم می‌کنم

تشکر و قدردانی

بی‌تردید انجام این تحقیق بدون راهنمایی، مساعدت و تشویق استاد گرامی‌ام، جناب آقای **دکتر محمد امیری** مقدور نبود. بر خود لازم می‌دانم تا از تلاش‌های بی‌شائبه ایشان در هدایت این پروژه صمیمانه تقدیر و تشکر نمایم.

از جناب آقای **دکتر فرهاد جعفرپور** و جناب آقای **دکتر سیف الله رسولی** که زحمت قرائت و داوری این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند کمال تقدیر و تشکر را دارم.

همچنین از اساتیدم در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد کمال سپاس را دارم.

از تمام دوستانم که در طول مدت تحصیل مرا مورد لطف و عنایت خود قرار دادند صمیمانه متشکرم و آرزومندم در تمام مراحل زندگی موفق و سربلند باشند.

هژیر دولت خواه

پاییز ۸۸

نام خانوادگی: دولت‌خواه نام: هژیر

عنوان پایان نامه:

جابجایی‌ها و سوئیچ‌های طیفی قابل تنظیم بوسیله‌ی مدولاسیون فاز

استاد راهنما: دکتر محمد امیری

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: فیزیک گرایش: اتمی - مولکولی دانشگاه: بوعلی سینا همدان
دانشکده: علوم پایه تاریخ فارغ التحصیلی: تعداد صفحه: ۹۳

کلید واژه ها: پراش، پراش فرنل فازی، اپتیک تکینگی، سوئیچینگ طیفی

چکیده:

در طول سه دهه‌ی گذشته، توجه زیادی به ساختار میدان‌های موج در نزدیکی نقاط با شدت میدان صفر شده است. در این نقاط فاز موج تکینه می‌شود. مطالعات گسترده‌ی انجام شده در رابطه با این پدیده منجر به بوجودآمدن رشته‌ای جدید در اپتیک به نام اپتیک تکینگی شده است.

بیشتر مقالات منتشر شده در این زمینه مربوط به امواج تکفام می‌باشد. هر چند که اخیراً میدان‌های با همدوسی جزئی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

پیشتر نشان داده شده است که می‌توان با استفاده از پراش فرنل از پله‌ی فازی، تکینگی‌های خطی ایجاد کرد. در این پروژه، با استفاده از انتگرال پراش فرنل، یک بیان تحلیلی برای میدان پراشیده شده از پله‌ی فازی یک بعدی با ارتفاع متغیر و تاثیر مدلاسیون فاز بر روی رفتار طیفی ارائه داده می‌شود. محاسبات عددی نشان می‌دهد که چگونه با کنترل ارتفاع پله می‌توان نابهنجاری‌های طیفی را کنترل و تنظیم کرد. این روش، یک روش دقیق و بسیار راحت با زمان پاسخ دهی کوتاه برای تغییرات طیفی را فراهم می‌سازد. یکی از ویژگی‌های مهم این روش نسبت به روش‌های دیگر، سرعت و دقت بالا و قابلیت کنترل سوئیچ‌های طیفی است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۲

فصل اول: پراش متعارف

۱-۱- مقدمه ۶

۱-۲- پراش ۶

۱-۳- فرضیه‌ی فرنل ۸

۱-۴- قضیه‌ی کیرشهف ۹

۱-۴-۱- فرمول فرنل-کیرشهف ۱۱

۱-۵- پراش فرانهوفر ۱۲

۱-۶- پراش فرنل ۱۶

۱-۶-۱- انتگرال‌های فرنل ۱۸

۱-۶-۲- مارپیچ کورنو ۲۰

فصل دوم: پراش فرنل فازی (نامتعارف)

۲-۱- مقدمه ۲۳

۲-۲- محاسبه‌ی توزیع شدت پراش از پله‌ی فازی یک بعدی دربازتاب ۲۵

۲-۳- پراش فرنل از پله‌ی فازی یک بعدی در عبور ۳۵

عنوان	صفحه

فصل سوم: اپتیک تکینگی

۳-۱- مقدمه ۳۸

۳-۲- پیش‌بینی اپتیک تکینگی ۴۰

۳-۳- ناجایگزیدگی جبهه‌ی موج ۴۲

۳-۳-۱- ناجایگزیدگی لبه‌ای خطی و دایره‌ای شکل ۴۷

۳-۳-۲- ناجایگزیدگی جبهه‌ی موج پیچشی-ov محوری ۵۱

۳-۴- جابجایی فاز گوی در اپتیک تکینگی ۵۷

۳-۵- سوئیچینگ طیفی ۵۸

فصل چهارم: جابجایی‌ها و سوئیچ‌های طیفی قابل تنظیم بوسیله‌ی مدولاسیون فاز

۴-۱- مقدمه ۶۲

۴-۲- بیان تحلیلی توزیع شدت طیفی برای پله‌ی فازی یک بعدی ۶۵

۴-۳- نتایج عددی و کاربرد در کد گذاری و انتقال اطلاعات ۶۹

۴-۴- بحث و نتیجه‌گیری ۷۹

واژه‌نامه ۸۲

مراجع ۸۶

عنوان | صفحه

پیوست ۹۱

چکیده انگلیسی ۹۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

فصل اول: پراش متعارف

شکل ۱-۱: نمایش سطح بسته‌ی S دور چشمه‌ی نقطه‌ای P_0 ..... ۸

شکل ۱-۲: نمایش سطح S و نقاط P و P_0 ..... ۹

شکل ۱-۳: بدست آوردن قضیه‌ی انتگرالی هلمهولتز-کیرشهف، ناحیه‌ی انتگرال‌گیری در شکل مشخص شده‌است..... ۱۱

شکل ۱-۴: توضیح قضیه ی انتگرال پراش فرنل – کیرشهف..... ۱۱

شکل ۱-۵: پراش از روزنه در پرده‌ی مسطح ۱۳

شکل ۱-۶: پراش فرنل از یک روزنه در پرده‌ی مسطح..... ۱۷

شکل ۱-۷: منحنی کورنو برای محاسبه و تفسیر انتگرالهای فرنل استفاده می شود. محور عمودی S ومحور افقی C هستند ۲۰

فصل دوم: پراش فرنل فازی (نامتعارف)

شکل ۲-۱: نمایش هندسی پراش فرنل از پله‌ی فازی یک بعدی در بازتاب..... ۲۶

شکل ۲-۲: نمایه‌ی یک جبهه‌ی موج استوانه‌ای به منظور محاسبه‌ی ضریب میل ۲۷

شکل ۲-۳: توزیع شدت بهنجار شده‌ی پراش فرنل از پله‌ی یک بعدی با ضرایب بازتاب $r_l = 1$، $r_r = 0/5$ و با ارتفاع صفر توسط باریکه‌ی همدوس و تکفام ۳۲

شکل ۲-۴: توزیع شدت بهنجار شده‌ی پراش فرنل از پله‌ی یک بعدی توسط باریکه‌ی همدوس تکفام بر حسب فاصله‌ی بهنجار شده برای ارتفاع‌های $h = \lambda/4$ (a)، $h = \lambda/5$ (b) و $h = 3\lambda/10$ (c) ۳۴

شکل ۲-۵: الف) هندسه‌ی مورد استفاده در محاسبه‌ی اختلاف راه نوری بین پرتوهای عبوری از دو طرف یک پله‌ی فازی، ب) جبهه‌ی موج، درست پس از عبور از تیغه‌ی شیشه‌ای که بعنوان منبع موجکهای ثانویه هویگنس-فرنل عمل می‌کند.. هندسه‌ی مورد استفاده در محاسبه‌ی اختلاف راه نوری بین پرتوهای عبوری از دو طرف یک پله‌ی فازی ۳۵

فصل سوم: اپتیک تکینگی

شکل ۳-۱: خطوط شار بردار پوئینتینگ، رفتار گردابه در اطراف تکینگی فاز در صفحه ی کانونی را نشان می‌دهد ۴۱

شکل ۳-۲: گردابه‌ها در یک میدان تداخلی تولید شده بوسیله یک موج تخت تابشی و بازتابش آن از یک نیم صفحه‌ی تخت ۴۱

شکل ۳-۳: مقایسه‌ی بین ناجایگزیدگی لبه‌ای و مارپیچی در کریستال ها (الف و ب) و در جبهه‌ی موج (ج و د). محور ناجایگزیدگی لبه‌ای در (الف) بصورت ضرب نشان داده شده که بر صفحه‌ی شکل عمود است. پربند بورگر ABCDEF که ناجایگزیدگی مارپیچی را شامل می-شود در (ب) نشان داده شده است. بردار بورگر FA که F را به A متصل می‌کند با خط ناجایگزیدگی موازی است، علامت ناجایگزیدگی مثبت است. (ج) ناجایگزیدگی لبه‌ای جبهه‌ی موج. (د) جبهه موج مارپیچی با یک گردابه‌ی اپتیکی(OV) محوری که دارای بار واحد است. علامت بردار FA مشابه با بردار بورگر مثبت است ۴۳

شکل ۳-۴: نتیجه‌ی روی هم قرار گرفتن باریکه‌های گاوسی، الف: توزیع دامنه در کمر، ب: خطوط با فاز یکسان در صفحه‌ی ρ, z ۴۸

شکل ۳-۵: چگونگی تغییر جبهه‌ی موج در نزدیکی ناتجایگزیدگی ۴۹

شکل ۳-۶: نمایش خطوط فاز در اطراف خط ناجایگزیدگی ۵۰

شکل ۳-۷: خطوط توزیع شدت میدان الکتریکی در سطح مقطع باریکه ۵۳

شکل ۳-۸: توزیع دامنه و شدت باریکه‌یov ۵۳

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۹: یک قطاع کوچک $d\varphi$ از جبهه‌ی موج مارپیچی ۵۵

شکل ۳-۱۰: باریکه‌ی نور با توزیع گاوسی ۵۹

شکل ۳-۱۱: تغییرات نمایه‌ی طیفی، الف: جابجایی قرمز، ب: جابجایی آبی، ج: سوئیچینگ طیفی..... ۶۰

فصل چهارم: جابجایی‌ها و سوئیچ‌های طیفی قابل تنظیم بوسیله‌ی مدولاسیون فاز

شکل۴-۱: نمایش هندسی پراش فرنل از پله‌ی فازی یک بعدی در بازتاب..... ۶۵

شکل۴-۲: الگوی تداخلی برای الف) $h=\lambda/10$ ب) $h=-\lambda/10$..... ۶۸

شکل۴-۳: : تابع طیفی چشمه تابشی $S^{(0)}(\lambda)=s_0\exp\left[-(\lambda-\lambda_0)^2/2\sigma^2\right]$ ، بر روی پله‌ی فازی، که $\lambda_0=543nm$ و $\sigma=70nm$..... ۷۰

شکل۴-۴: توزیع شدت طیفی پراشیده شده از پله‌ی فازی در ارتفاع‌های مختلف پله‌ی فازی بطوریکه الف) $\eta=0.7$ ب) $\eta=0.8$ ج) $\eta=0.9$..... ۷۱

شکل۴-۵: توزیع شدت طیفی پراشیده شده توسط پله‌ی فازی در روی لبه‌ی پله در اینجا $\eta_{c+1}=0.966275$..... ۷۲

شکل۴-۶: توزیع شدت طیفی پراشیده شده از پله‌ی فازی در ارتفاع‌های مختلف پله‌ی فازی بطوریکه الف) $\eta=1$ ب) $\eta=1.1$ ج) $\eta=1.2$..... ۷۳

شکل۴-۷: توزیع شدت طیفی پراشیده شده توسط پله‌ی فازی در روی لبه‌ی پله در اینجا $\eta_{c+1}=2$..... ۷۴

شکل۴-۸: نمایش چگونگی تغییر تابع تعدیل با افزایش ارتفاع پله..... ۷۵

شکل ۴-۹: تغییرات طیفی از $\eta = 0,$ تا $\eta = 10,$ برای $\sigma = 35nm$ (خط پر)، $\sigma = 70nm$ (نقطه چین)، $\sigma = 140nm$ (خط چین)..... ۷۷

شکل ۴-۱۰: ولتاژ اعمال شده به پیزوالکتریک متصل به یکی از آینه‌ها..... ۷۸

شکل۴ -۱۱: تغییر طیفی ایجاد شده توسط جابجایی آینه‌ی متصل به پیزوالکتریک..... ۷۸

فهرست جداول

جدول ۱-۱: انتگرال‌های فرنل..... ۱۹

مقدمه

مقدمه

در طول چند سال گذشته توجه زیادی به ساختار میدان موج در نزدیکی نقاط با دامنه‌ی میدان صفر، شده‌است. در این نقاط فاز موج تکینه می‌شود، مطالعه‌ی پدیده‌های مربوط به تکینگی‌های فاز منجر به بوجود آمدن یک رشته‌ی جدید در اپتیک شده‌است که به آن اپتیک تکینگی می‌گویند. در بحث اپتیک تکینگی، فاز یک موج می‌تواند متحمل یک «پرش π» شده و یک نقیصه‌ی فاز ایجاد می‌شود. شرط ایجاد تکینگی فاز این است که میدان در این نقاط صفر شود.

در محلی که فاز تکینه می‌شود ویژگی‌های متعددی نظیر ناجایگزیدگی جبهه‌ی موج، پیچش میدان اپتیکی، نابهنجاری‌های فاز و سوئیچینگ طیفی مشاهده شده‌است.

عمده مقالات منتشر شده در مورد اپتیک تکینگی مربوط به امواج تکفام می‌باشد. هر چند که اخیراً تکینگی میدان‌های با همدوسی پاره‌ای و بسفام نیز مورد بررسی قرار گرفته است. بیشتر مقالات منتشر شده مربوط به مطالعه‌ی تکینگی میدان‌های موج و نابهنجاری‌های طیفی در کانون و یا تاثیر روزنه بر آن‌ها می‌باشد.

اما در سالهای اخیر دکتر توسلی و همکارانش نشان دادند که اگر یک جبهه‌ی موج استوانه‌ای از یک پله‌ی فازی پراشیده شود، یک تکینگی خطی شکل برای ارتفاع‌های مشخصی از پله و به موازات لبه‌ی آن تشکیل می‌شود.

در این پایان‌نامه ما به مطالعه‌ی نابهنجاری‌های طیفی در اثر پراش از پله‌ی فازی می‌پردازیم .

ما نوع جدیدی از نابهنجاری در نزدیکی تکینگی فاز، هنگامی که میدان بسفام است را نشان می دهیم. بطور دقیق‌تر، نشان خواهیم داد که طیف جبهه‌ی موج تخت بسفام همدوس فضایی پراشیده شده توسط پله‌ی فازی در نزدیکی پله به شدت تغییر می‌کند. خصوصاً، اگر طیف تابشی شامل یک توزیع گاوسی با فرکانس مرکزی ω_0 باشد. نشان خواهیم‌داد که در برخی نقاط جابجایی طیفی آبی و در برخی نقاط جابجایی طیفی قرمز داریم و همچنین در یک فاصله‌ی مشخص در مجاورت تکینگی فاز سوئیچینگ طیفی رخ می‌دهد.

سعی ما بر این است که به بررسی سوئیچینگ طیفی با استفاده از پراش فرنل از پله‌ی فازی یک بعدی بپردازیم.

در فصل اول پراش متعارف را بررسی می‌کنیم. در فصل دوم به بررسی پراش فرنل از پله‌ی یک بعدی می‌پردازیم. در فصل سوم به مطالعه‌ی اپتیک تکینگی و برخی از ویژگی‌های آن می‌پردازیم و بطور دقیق‌تری پدیده‌ی سوئیچینگ طیفی را بررسی می‌کنیم. در فصل چهارم با استفاده از رابطه‌ای که برای پراش فرنل فازی بدست می‌آوریم، نابهنجاری‌های فاز جبهه‌ی موج تخت بسفام با همدوسی فضایی پراشیده شده توسط پله‌ی فازی را بررسی می‌کنیم. بدین صورت که ابتدا تابع تعدیل طیفی را حساب می‌کنیم و سپس اثرات این تابع را بر روی نمایه‌ی طیفی تابشی در ارتفاع‌های مختلف پله‌ی

فازی بررسی می‌کنیم و نشان می‌دهیم که در مجاورت پله سوئیچینگ طیفی رخ می‌دهد، و در پایان نشان خواهیم داد که چگونه با تغییر ارتفاع پله می‌توان جابجایی طیفی را تنظیم کرد، و کاربرد این ویژگی را در انتقال اطلاعات با استفاده از جابجایی طیفی توضیح می‌دهیم.

فصل اول

پراش متعارف

۱-۱- مقدمه

تحول درک ما از ماهیت فیزیکی نور یکی از جذابترین فصلهای تاریخ علم را تشکیل می‌دهد. از سپیده دم علوم جدید در قرون شانزدهم و هفدهم میلادی، نور یا به صورت ذره یا به صورت موج - الگوهای ناسازگار-تصور می‌شده است و هر یک در دوره‌ای خاص مورد توجه جامعه‌ی علمی بوده‌است. در قرن بیستم معلوم شد که نور به نحوی هم موج است و هم ذره، و در عین حال دقیقاً هیچ یک از این دو نیست.

۱-۲- پراش

پراش در ساده‌ترین توصیف خود عبارت است از هرگونه انحرافی از اپتیک هندسی که از مسدود کردن جبهه‌ی نور ناشی می‌شود. بعنوان مثال، یک پرده‌ی کدر با یک روزنه‌ی مدور نمایشگر چنین