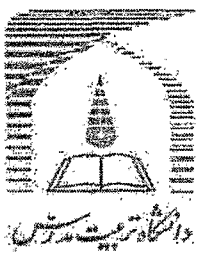
٢٨٣١
صحيح

١٠٩٤٦٥

۸۷/۱/۱۰۶۱۸۸
۸۷-۱۲۳



دانشکده علوم پایه

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد فیزیک
(اتمی و مولکولی)

مزدوج فاز اپتیکی در خانواده اسیدهای رنگینه ای

نگارش:
سمانه مهربانی

اساتید راهنما:
دکتر محمدحسین مجلس آرا
دکتر رسول ملک فر

۱۳۸۷/۱۱/۱۶

اردیبهشت ۱۳۸۷

۱۰۹۲۶۵

دانشکده علوم پایه

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخهٔ نهایی پایان‌نامه خانم **سمانه مهربانی‌بنادکی** رشته **فیزیک** گرایش **نظری** تحت عنوان: »**مزدوج فاز اپتیکی در خانواده اسیدهای رنگینه‌ای**« از نظر فرم و محتوا بررسی نمده و آنرا برای اخذ درجهٔ کارشناسی‌ارشد مورد تائید قرار دادند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر محمدحسین مجلس آرا	دانشیار	
۲- استاد راهنما دوم	دکتر رسول ملک فر	استادیار	
۳- استاد ناظر داخلی	دکتر محمدرضا ابوالحسنی	استادیار	
۴- استاد ناظر خارجی	دکتر محمود سلطان الکتابی	استاد	
۵- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر محمدرضا ابوالحسنی	استادیار	

بسمه تعالی

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده علوم پایه

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

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

مادهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند

«کتاب حاضر حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ فیزیک است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکدهٔ علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر محمدحسن مجلس آرا ، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

مادهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادهٔ ۴- درصورت عدم رعایت مادهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس ، تادیه کند.

مادهٔ ۵- دانشجو تعهد و قبول می‌کند درصورت 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 مادهٔ ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادهٔ ۶- اینجانب سمانه مهربانی نادری دانشجوی رشته فیزیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: سمانه مهربانی نادری

تاریخ و امضا:

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

با عنایت خدای تعالی این پروژه به پایان رسید. در اتمام موفقیّت آمیز آن محبّت و دلسوزی عده ای چنـان مـوج می زند که این پایان نامه را از عمق جان تقدیم می کنم به کسانی که با رهنمودهای خود مرا به موفقیّت رساندند.

تقدیم به

پدر و مادر عزیز

و

همسر مهربانم

که با فداکاری بسیار مرا در انجام این تکلیف یاری نمودند.

تشکر وقدردانی

یگانه معبود هستی، با کمال لطف و بخشش و تمام مهربانی و سخاوتش، بنده حقیر خویش را در مسیر تکامل نهاد و به او این مجال را عنایت کرد تا با علم خود قدم در راه سعادت و خودکفایی نهد. به درستی که ستایش از آن اوست. او که معین و مبین است. سجده کنم بر خاک پاکش و بنازم به معبودم که تمسّک به او پیروزی در هر کاری است.

در ادامه جا دارد از استاد ارجمندم آقای دکتر مجلس آرا در مقام استاد راهنمای اصلی، که همچون پدری دلسوز در انجام این پایان نامه همراه اینجانب بودند و آقای دکتر ملک فر که در مقام استاد راهنمای دوم از هیچ کمک و کوششی در جهت انجام تحقیقات آزمایشگاهی دریغ ننمودند، تشکّر نمایم. همچنین از آقای دکتر سلطان الکتابی، عضو هیئت علمی دانشگاه اصفهان به عنوان داور خارجی و آقای دکتر ابوالحسنی به عنوان داور داخلی و نماینده تحصیلات تکمیلی، که منّت گذاشته و درجلسه دفاع اینجانب حضور یافتند، تشکّر می نمایم. در پایان از تمام کسانی که در این پایان نامه از راهنمایی و کمک آنها استفاده کردیم، از جمله: آقای پرتوئی شبستری- سازمان انرژی اتمی- دکتر مهاجرانی - دانشگاه شهید بهشتی- آقای خدارحمی- دانشکده هنر- دکتر محجوب از دانشکده شیمی و تمام دانشجویان آزمایشگاه ایشان که کمال همکاری را نمودند، قدردانی می نمایم.

خدای را سپاس که این امکان را داد با چند سطری، قطره ای از دریای زحمت و محبّت آن بزرگواران را قدر نمایم. زحماتی که هیچ گاه از خاطر نمی رود...

چکیده

تولید مزدوج فاز دو ماده آلی با نام های تجاری اسید آبی ۹ (Patent Green) و اسید آبی ۳ (Fast Green FCF) در این پایان نامه مورد بررسی قرار گرفته است. جذب اشباع در مواد مذکور با استفاده از روابط کرامرز- کرونیگ به طور کامل بررسی گردیده است. طیف جذبی هر دو ماده آلی با استفاده از طیف سنجی ماورای بنفش، مرئی و فروسرخ نزدیک انجام گردید. در نهایت با تجزیه و تحلیل طیف ثبت شده، لیزر هلیوم- نئون با طول موج ۶۳۲/۸ nm جهت تولید مزدوج فاز در مواد مذکور مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از یک نوع ژلاتین خاص مواد آلی مورد مطالعه به فیلم های شفاف با ضخامت ۵۰-۳۰ μm گردید. رفتار زمانی مزدوج فاز برای غلظت های مختلف، بازتابندگی بر حسب شدت پرتوی دمش جلویی وعقبی، بازتابندگی بر حسب زاویه، میزان عبور، ضریب جذب و رفتار زمانی مزدوج فاز هنگامی‌که یکی از پرتوها حذف می‌شوند، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج استخراج شده در این پایان نامه نشان می‌دهد که بالاترین میزان بازتابندگی برای اسید آبی ۹ برابر با ٪۰/۰۳۵ و برای اسید آبی ۳ برابر با ٪۰/۰۲ بوده است. هنگامی که زاویه بین پرتوی دمش عقبی و کاوشگر برابر با ۸ درجه باشد بیشترین میزان بازتابندگی مشاهده شده است. رفتار زمانی مزدوج فاز به صورتی است که ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد علت این پدیده کاملاً بررسی شده است.

کلمات کلیدی: اپتیک غیر خطی، ترکیب چهار موج تبهگن، مزدوج فاز اپتیکی، بازتابندگی، اسید آبی ۳ ، اسید آبی ۹ ، فیلمهای ژلاتینی، روابط کرامرز-کرونیگ، تمام نگاری، جذب اشباع، ضریب شکست غیرخطی، قطبش غیر خطی، آینه های مزدوج فاز، جفت شدگی دو موج.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: اپتیک خطی و غیرخطی ۱

۱-۱: مقدمه ۲

۱-۲: مواد اپتیکی خطی ۳

۱-۳: معادلات اپتیک غیرخطی ۴

۱-۳-۱: مدل نوسانگر ناهماهنگ برای آثار غیرخطی ۷

۱-۴: معادله موج در محیط‌های غیرخطی ۹

۱-۵: اثر الکترو اپتیک پوکلز ۱۰

فصل دوم: آثار ناشی از اپتیک غیرخطی ۱۲

۲-۱: پدیده های ناشی از اپتیک غیرخطی ۱۳

۲-۲: اثر کر ۱۴

۲-۳: اثر اپتیکی کر ۱۴

۲-۴ خود تعدیل سازی فازی ۱۵

۲-۵: خود کانونی ۱۷

۲-۶ سالیتون‌های اپتیکی ۱۸

۲-۷: مزدوج فاز اپتیکی ۱۹

۲-۷-۱: آینه مزدوج فاز ۲۰

۲-۷-۲: تولید موج مزدوج فاز با استفاده از تمام نگار ۲۱
۲-۷-۳: توصیف موج مزدوج فاز ۲۳
۲-۷-۴: استفاده از آینه های مزدوج فاز برای تصحیح ابیراهی ۲۴
۲-۷-۵: مزدوج فاز اپتیکی در زمان واقعی ۲۸
۲-۷-۶: تولید تصویر با استفاده از آینه مزدوج فاز ۲۸
۲-۷-۷: تقویت پرتوی لیزر با استفاده از آینه مزدوج فاز بدون ایجاد ابیراهی ۲۹

فصل سوم: مزدوج فاز اپتیکی از دیدگاه کوانتومی ۳۱

۳-۱: پذیرفتاری غیرخطی مرتبه دو و سه ۳۲
۳-۲: معادلات موج جفت شده ۳۳
۳-۲-۱: حل معادلات جفت شده با استفاده از تقریب بوهر ۳۶
۳-۲-۲: معادلات موج جفت شده با در نظر گرفن اثر جذب ۳۸
۳-۳: رابطه ترکیب چهار موج و دیگر فرآیندها ۴۰
۳-۳-۱: رابطه بین اثر اپتیکی کر و نورشکست ۴۰
۳-۳-۲: رابطه بین ترکیب چهار موج و تمام نگاری ۴۱
۳-۴: مزیت استفاده از ترکیب چهار موج برای تولید نور مزدوج فاز ۴۲
۳-۵: استفاده از ماتریس چگالی ۴۳
۳-۵-۱: معادلات ماتریس چگالی برای اتم دو ترازی ۴۷
۳-۵-۲: حل معادلات جفت شده برای سیستم دو ترازی در حضور یک میدان تکفام ۵۱
۳-۶: جذب در مواد اپتیکی ۵۳

۱-۶-۳: ماده با جذب پائین ۵۵
۳-۷: روابط کرامرز-کرونیگ ۵۶
۱-۷-۳: مواد تشدید شده ۵۹

فصل چهارم: بررسی آثار غیرخطی در مواد رنگینه‌ای ۶۳

۴-۱: علت پیدایش آثار غیرخطی در مواد رنگینه‌ای ۶۴
۴-۲: اوربیتال‌های هیبریدی ۶۶
۴-۳: اوربیتال‌های مولکولی ۶۸
۴-۴: اوربیتال‌های مولکولی در اجزاء چند اتمی ۷۰
۴-۵: اثر نورشکست ۷۲

فصل پنجم: نتایج تجربی ۷۶

۵-۱: توری‌های حرارتی ۷۷
۵-۲: آثار غیرخطی در استفاده از لیزرهای پیوسته ۷۹
۵-۳: بازتابندگی در ترکیب چهار موج تشدیدی ۸۰
۵-۴: بررسی ساختار اسید آبی ۳ ..... ۸۲
۵-۵: آماده سازی لام آزمایشگاهی ۸۴
۵-۵-۱: ماده میزبان ۸۴
۵-۵-۲: تهیه ماده رنگینه‌ای ۸۶

۳-۵-۵: روش تهیه فیلم..... ۸۶
۴-۵-۵: روش دیگری برای تهیه فیلم..... ۸۸
۶-۵: چیدمان آزمایشگاهی..... ۸۹
۷-۵: میزان عبور بر حسب زمان..... ۹۱
۱-۷-۵: میزان عبور ماده رنگینه‌ای بر حسب شدت..... ۹۲
۸-۵: رفتار زمانی نور مزدوج فاز..... ۹۳
۱-۸-۵: رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت ۲ میلی مولار..... ۹۴
۲-۸-۵: رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت ۱/۵ میلی مولار..... ۹۵
۹-۵: بازتابندگی بر حسب شدت پرتوی دمش جلویی..... ۹۶
۱-۹-۵: بازتابندگی بر حسب شدت پرتوی دمش عقبی..... ۹۸
۱۰-۵: جفت شدگی دو موج..... ۹۹
۱-۱۰-۵: مزدوج فاز اپتیکی بر حسب زاویه..... ۱۰۳
۱۱-۵: اندازه‌گیری قطر پرتوی لیزر..... ۱۰۴
۱۲-۵: اندازه‌گیری ضریب جذب ماده رنگینه‌ای..... ۱۰۹
۱۳-۵: تولید مزدوج فاز اپتیکی در اسید آبی ۹..... ۱۱۱
۱-۱۳-۵: بررسی ساختار شیمیایی اسید آبی ۹..... ۱۱۱
۱۴-۵: میزان عبور بر حسب زمان..... ۱۱۲
۱۵-۵: رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت‌های مختلف..... ۱۱۳
۱۶-۵: بررسی رفتار زمانی نور مزدوج فاز در صورت قطع پرتوی جلویی..... ۱۱۸
۱۷-۵: بازتابندگی بر حسب شدت دمش جلویی..... ۱۱۹

۱۸-۵: نتایج ۱۲۲

۱۹-۵:پیشنهادات ۱۲۴

منابع ۱۲۵

فهرست جداول و شکل ها:

شکل۱-۱ : تبدیل فوریه قطبش ۵

شکل۲-۱ : هنگامی که شدت بیشینه شود ضریب شکست نیز بیشینه می شود. در ماده قسمت میانی تپ آرام تر از قسمت های بالایی و پائینی آن منتشر می شود..... ۱۶

شکل۲-۲ : شدت غیریکنواخت پرتو باعث می شود که ضریب شکست در ماده به طور غیریکنواخت تغییر کرده و ماده مانند یک عدسی عمل می کند. اگر عدسی همگرا کننده باشد شدت در طول محور افزایش و سطح مقطع پرتوکاهش می یابد. هنگامی که سطح مقطع پرتو در حد طول موج باشد پراش اتفاق می افتد..... ۱۸

شکل۲-۳ : هنگامی که پرتو از داخل یک ماده خطی عبور می کند..... ۱۹

شکل۲-۴ : هنگامی که پرتو از داخل یک ماده غیرخطی عبور می کند بدون هیچ تغییری می تواند خارج شود..... ۱۹

شکل۲-۵ : تفاوت آینه های مزدوج فاز و آینه های معمولی..... ۲۰

شکل۲-۶ : تولید نور مزدوج فاز با توجه به فرانژهای تداخلی..... ۲۲

جدول۲-۱: مقایسه امواج در روش تمام نگاری و مزدوج فاز..... ۲۳

شکل۲-۷ : جابجائی بیشینه شدت به علت وجود اختلاف فاز در امواج فرودی..... ۲۶

شکل۲-۸ : با استفاده از روش تمام نگاری می توان تاخیر فاز در موج را از بین برد..... ۲۷

شکل۲-۹ : چیدمان آزمایشگاهی برای تولید یک تصویر واضح با استفاده از آینه مزدوج فاز..... ۲۹

شکل۲-۱۰ : پرتو هنگامی که از داخل یک تقویت کننده عبور می کند دارای اغتشاش می شود ۲۹

شکل۲-۱۱ : تقویت پرتوی لیزر با عبور از یک تقویت کننده و از بین بردن اغتشاش با استفاده از یک آینه مزدوج فاز..... ۳۰

شکل۳-۱ : قطبش القا شده در یک بلور با تقارن معکوس (الف) بدون حضور میدان (ب) در حضور میدان $\vec{E} = E\hat{x}$ (ج) در حضور میدان $\vec{E} = -E\hat{x}$ ۳۴

جدول۳-۱: مقایسه مزدوج فاز در مواد کر و نورشکست و روش تمام نگاری ۴۱

شکل۳-۲ : مراحل تولید تمام نگاری ۴۲

شکل۳-۳ : برانگیختگی نزدیک به حالت تشدید برای اتم دو ترازی ۴۸

شکل۳-۴ : خارج کردن قطب منزوی با یک مسیر انحرافی ۵۶

شکل۳-۵ : تبدیل یک محیط غیرخطی به یک محیط خطی با یک جمله اختلالی خارجی ۶۲

شکل۴-۱ : اسکلت پیوندهای σ در مولکول اتیلن ۷۰

شکل۴-۲ : حلقه بنزنی ۷۱

شکل۴-۳ : طرح های تداخلی تولید شده در یک ماده نور شکست به علت حضور پرتوهای R و S

شکل۴-۴ : تابش نور به یک ماده نور شکست ۷۵

شکل۵-۱ : میدان های اعمالی به ماده غیرخطی برای تولید نور مزدوج فاز ۸۰

شکل۵-۲ : ساختار مولکولی اسید آبی ۳ ..... ۸۲

شکل۵-۳ : طیف جذبی اسید آبی۳ ..... ۸۳

شکل۵-۴ : طیف جذبی سلول کواتز و ژلاتین ۸۵

شکل۵-۵ : طیف جذبی سلول کوارتز و آب مقطر بدون ماده ۸۵

شکل۵-۶ : فیلم غیریکنواخت به علت وجود رطوبت در کوره ۸۷

شکل۵-۷ : فیلم تولید شده با استفاده از ژلاتین ۸۷

شکل۵-۸ : چیدمان تولید نور مزدوج فاز با استفاده از ترکیب چهار موج ۹۰

شکل۵-۹ : چیدمان آزمایشگاهی ۹۰

شکل۵-۱۰ : بی رنگ شدن ماده رنگینه ای بر اثر تابش نور لیزر ۹۱
شکل۵-۱۱ : چیدمان آزمایشگاهی برای بررسی میزان عبور بر حسب زمان ۹۱
شکل۵-۱۲ : میزان عبور بر حسب زمان ۹۲
شکل۵-۱۳ : میزان عبور بر حسب شدت ۹۳
شکل۵-۱۴ : رفتار زمانی نور مزدوج فاز اپتیکی ۹۴
شکل۵-۱۵ : رفتار نور مزدوج فاز اپتیکی برای غلظت ۲ میلی مولار ۹۵
شکل۵-۱۶ : رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت ۱/۵ میلی مولار ۹۵
شکل۵-۱۷ : مقایسه رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت های مختلف ۹۶
شکل۵-۱۸ : چیدمان آزمایشگاهی برای تغییر شدت دمش جلویی ۹۷
شکل۵-۱۹ : تغییرات بازتابندگی بر حسب توان دمش جلویی ۹۷
شکل۵-۲۰ : چیدمان آزمایشگاهی برای تغییر شدت دمش عقبی ۹۸
شکل۵-۲۱ : تغییرات بازتابندگی بر حسب توان دمش جلویی ۹۹
شکل۵-۲۲ : جفت شدگی دو موج در ماده غیرخطی ۹۹
شکل۵-۲۳ : بازتابندگی بر حسب زاویه ۱۰۴
شکل۵-۲۴ : روش جاروب با لبه تیغه برای اندازه گیری پهنای باریکه ۱۰۵
شکل۵-۲۵ : منحنی خط چین تابع خطا را نشان می دهد که از آشکارساز به دست می آید. منحنی خط پر مشتق تابع خطا است که به شکل یک تابع گوسی خواهد بود. از روی تابع برازش شده پهنای باریکه بدست می آید ۱۰۶
شکل۵-۲۶ : جابجائی تیغ بر حسب توان پرتو. منحنی بدست آمده از آشکارساز ۱۰۸
شکل۵-۲۷ : نمودار برازش شده ۱۰۹

شکل۵-۲۸ : تغییرات شدت عبوری از ماده بر حسب شدت اولیه پرتو..... ۱۱۰
شکل۵-۲۹ : فیلم تهیه شده از PVA..... ۱۱۱
شکل۵-۳۰ : ساختارشیمیایی اسید آبی ۹..... ۱۱۱
شکل۵-۳۱ : طیف جذبی اسید آبی ۹..... ۱۱۲
شکل۵-۳۲ : چیدمان آزمایشگاهی برای اندازه گیری میزان عبور..... ۱۱۳
شکل۵-۳۳ : میزان عبور بر حسب زمان برای نمونه ای با غلظت ۱/۵ میلی مولار..... ۱۱۳
شکل۵-۳۴ : چیدمان آزمایشگاهی برای تولید نور مزدوج فاز..... ۱۱۴
شکل۵-۳۵ : رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت ۰/۷۵ میلی مولار..... ۱۱۵
شکل۵-۳۶ : رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت ۲ میلی مولار..... ۱۱۶
شکل۵-۳۷ : رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت ۱ میلی مولار..... ۱۱۶
شکل۵-۳۸ : رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت ۰/۵ میلی مولار..... ۱۱۷
شکل۵-۳۹ : رفتار زمانی نور مزدوج فاز برای غلظت ۱/۵ میلی مولار..... ۱۱۸
شکل۵-۴۰ : رفتار زمانی مزدوج فاز نمونه ۱ میلی مولار هنگامی که جلوی پرتوی جلویی گرفته می شود..... ۱۱۹
شکل۵-۴۱ : رفتار زمانی مزدوج فاز نمونه ۱/۵ میلی مولار هنگامی که جلوی پرتوی جلویی گرفته می شود..... ۱۲۰
شکل۵-۴۲ : بازتابندگی بر حسب شدت پرتوی دمش جلویی..... ۱۲۱

فصل اول:

اپتیک خطی و غیرخطی

۱-۱. مقدمه

پاسخ‌های غیرخطی اپتیکی در مواد، امروزه کاربردهای بسیاری پیدا کرده است. از جمله می‌توان به ساخت ابزارهای اپتو- الکترونیکی، ساخت کلیدهای نوری، پردازش کاوشگرهای نوری و محدود کننده‌های اپتیکی اشاره کرد. نوع رفتار غیرخطی در هر ماده با توجه به ساختار اتمی و ترکیب آن متفاوت است. فرآیندهای مختلفی ممکن است عامل ایجاد پاسخ‌های غیرخطی در مواد اپتیکی باشد.

برخی از آنها عبارتند از :

- قطبش الکترونیکی
- اثر اپتیکی استارک
- تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی از جمله دما، غلظت و ...
- برهمکنش با یک باریکه نوری و پاسخ غیرخطی ماده با دامنه میدان

بیشتر مواد ممکن است بیش از یک یا چند فرآیند در آنها باعث ایجاد اثرات غیرخطی گردد. از این رو علم اپتیک غیرخطی بسیار گسترده بوده و در این فصل ما قصد داریم تنها به یک نگاه اجمالی در رفتارهای آنها بپردازیم.

در مطالعه فرآیندهای اپتیکی در مواد می‌بایست از یک دیدگاه نیمه کلاسیکی استفاده کنیم چرا که فوتون‌ها با توجه به روابط ماکسول رفتاری کلاسیکی داشته در حالیکه الکترون- حفره رفتاری کوانتومی دارند پس تکیه بر دیدگاه کاملاً کلاسیکی نمی‌تواند در بررسی آنها چندان مفید باشد.

۲-۱. مواد اپتیکی خطی

برای توضیح نظری این دسته مواد ابتدا انتشار یک موج تخت در یک محیط همگـن همسـانگرد را بررسی می‌کنیم. در جائیکه گذردهی الکتریکی (ε) و مغناطیسی (μ) ثابت هستند داریم:

$$E_x = E_{0x} e^{i(kz-\omega t)} \qquad (۱-۱)$$

$$H_y = \frac{E_{0x}}{\mu c} e^{i(kz-\omega t)} \qquad (۱-۲)$$

سرعت موج عبارت است از:

$$V = \frac{\omega}{k} = \frac{\omega}{\sqrt{\mu\varepsilon}} = \frac{c}{n} \qquad (۱-۳)$$

که n ضریب شکست می‌باشد. در جائیکه $\mu \neq \mu_0$ باشد آنگاه $n = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}} = \frac{c}{v}$ است که c سـرعت نور در خلاء است.

با توجه به رابطه قطبش در یک محیط می‌توان نوشت:

$$P = \varepsilon_0 \chi E \qquad (۱-۴)$$

که χ پذیرفتاری الکتریکی می‌باشد. حال مقدار بردار جابجایی الکتریکی برابر است با:

$$D = \varepsilon E = \varepsilon_0 E + P = \varepsilon_0 (1+\chi) E \qquad (۱-۵)$$

که در رابطه فوق $\varepsilon = \varepsilon_0 (1+\chi)$ و $n = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}} = \sqrt{1+\chi}$ می‌باشد.

با توجه به رابطه فوق با فرض خطی بودن محیط‌های نوری نتایج زیر به دست می‌آید:

۱- اصل برهم نهی که از اصول کلاسیک است، صادق می‌باشد.

۲- بسامد نور با عبور از محیط ثابت می‌ماند.

۳- ضریب جذب و ضریب شکست مستقل از شدت موج فرودی است.

۴- دو باریکه نور در چنین محیطی با هم برهمکنش ندارند.