اسکن شد
تاریخ : ۸۰/۱۱/۸
توسط : صبا

۷۹

تاریخ تمدن

۲۴۵۷۹
۲۴۵۷۹

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی
تقسیم مدارک

بسمه تعالی

۱۳۷۸ /۱۲/ ۲۰

دانشگاه شهید بهشتی

گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک

موضوع : بر هم کنش امواج الکترو مغناطیسی
با مواد مغناطیسی

استاد راهنما : دکتر محمد مهدی طهرانچی

استاد مشاور : دکتر حمید لطیفی

نگارش : علی محمود لو

۱۳۷۲/۲

۲۴۵۷۹
۲۴۵۷۹

اسفند ۱۳۷۷

تقدیم به

پدرو مادر گرامی

و

همسر عزیزم

که گرانبهاترین گوهرهای زندگی ام هستند

تقدیر وتشکر

بانام خداوندی که هستی آفرید وزندگی بخشید.

نخست از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر محمد مهدی طهرانچی که قبول زحمت فرموده راهنمایی این پایان نامه رابرعهده گرفتند و درطی مراحل مختلف انجام این پروژه مرا از راهنمایی های ارزشمند و مساعدت های بی دریغ خویش بهره مند نمودند که در طول دوره کارشناسی ارشد، از محضر ایشان بهره های علمی واخلاقی و معنوی فراوان بردم، نهایت تشکر وقدردانی را دارم.

از جناب آقای دکتر حمید لطفی به خاطر قبول زحمت مشاورت این پایان نامه و راهنمایی های ارزشمند از محضر ایشان نهایت سپاسگذاری را دارم.

از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر فرشاد ابراهیمی وجناب آقای دکتر بابک شکری وجناب آقای دکتر داریانی از دانشگاه الزهرا به پاس قبول زحمت مطالعه رساله ونیز پذیرش داوری پایان نامه سپاسگذارم.

از دوستان عزیزم جناب آقای فریدون بابایی- علی نجاری - علی محمد یزدانی - حسن علی اصغری وزین العابدین درویشی وهمچنین تمامی دوستانی که به هرنحوی بنده را درانجام این پروژه یاری کردند، تشکر وقدردانی می کنم.

از پدر ومادر عزیزم، همچنین تمامی عزیزان خانواده ام که در همه مراحل زندگی یار و یاورم بوده اند نهایت تشکر وسپاس را دارم.

از خانواده همسرم که در تمامی مراحل انجام این پروژه مشوق وهمراهم بودند بی نهایت سپاسگذارم.

درپایان از همسر عزیزم که درنهایت فداکاری وباصبر وحوصله در گذر از سختی های این راه، مرا مشتاقانه همراهی کردند وهمواره مشوق وهمپای راه من بودند نهایت سپاسگذاری را دارم.

اسفند ۷۷

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
چکیده	ء
فصل اول: مقدمه	۱
مقدمه	۲
فصل دوم: مبانی نظریهٔ برهم کنش امواج الکترومغناطیسی باموادمغناطیسی	۷
۱- مواد فرومغناطیس وپادفرومغناطیس	۸
۲- بیان ماکروسکوپی امواج اسپینی	۸
۲-۱- معادله حرکت گشتاور مغناطیسی	۸
۳- امواج اسپینی وتانسور تراوایی مغناطیسی دربسامدهای بالا برای فرومغناطیس	۱۱
۴- رابطه پاشندگی امواج اسپینی	۱۳
۵- امواج الکترو مغناطیسی دربلورهای مغناطیسی	۱۴
۵-۱- رابطهٔ پاشندگی امواج الکترومغناطیسی	۱۴
۶- بیان ماکروسکوپی برهم کنش امواج الکترومغناطیسی وامواج اسپینی	۱۷
فصل سوم: برهم کنش کلاسیکی امواج الکترومغناطیسی با زنجیره مغناطیسی	۲۲
۱- برهم کنش امواج الکترومغناطیسی بازنجیرهٔ اتمی فرو مغناطیس	۲۳
۱-۱- مدهای امواج اسپینی	۲۳
۱-۲- مدهای امواج الکترومغناطیسی	۲۳
۲- برهم کنش امواج الکترومغناطیسی بازنجیره اسپینی باسیستم شیشهٔ اسپینی	۲۵
۲-۱- دینامیک اسپینهای هایزنبرگ دریک میدان مغناطیسی	۲۵
فصل چهارم: برهمکنش کوانتومی امواج الکترومغناطیسی باموادمغناطیسی	۳۰
۱- جفت شدگی امواج الکترومغناطیسی با فونونها	۳۱

عنوان	شماره صفحه
۲- جفت شدگی امواج الکترومغناطیسی بامگنونها	۳۸
فصل پنجم: پراکندگی امواج الکترومغناطیسی ازمواد مغناطیسی	۴۶
۱- دیدگاه کلاسیکی: پراکندگی "می"	۴۷
۱-۱- پراکندگی امواج الکترومغناطیسی توسط کرهٔ مغناطیده	۴۷
۱-۲- بسط صفحهٔ موج برحسب بردارهای هارمونیک کروی	۴۸
۱-۳- میدانهای تابشی وپراکنده شده	۴۸
۱-۴- ضرایب پراکندگی "می"	۴۹
۱-۵- سطح مقطع پراکندگی	۵۰
پراکندگی رامان (دیدکلاسیکی)	۵۱
نتایج	
ضمیمه(۱): (معادله لیپمن-شوینگر)	
ضمیمه(۲): برنامه نویسی کامپیوتری	
منابع	

چکیده

جفت شدگی فوتون ها ومگنون ها میتوانند بصورت رفتار جفت شدگی فوتون هـا وفونونهـا توجیه شوند. معادلات موج جفت شده بطور مستقیم از هامیلتونین چگالی مشتق، می شوند کـه ایـن بروش ماتریس چگالی امکان پذیراست. همچنین احتمال برانگیخته شدن مدهای موج اسپینی توسـط امواج الکترومغناطیسی در فرومغناطیس هـا، فـری مغنـاطیس هـا وپـادفرو مغنـاطیس هـا وجـود دارد وترکیب جفت شدگی مغناطیسی وامواج الکترومغناطیسی بوسیله برانگیزش مگنون تحلیل مـی شـود. جذب امواج الکترومغناطیسی توسط امواج اسپینی فقط درنقطه تشدید صورت می پذیرد.

وقتـی کـه طـول مـوج، مـوج الکترومغناطیسـی تابشـی درمقایسـه بـابعد ذره باشـد، پراکندگـی امـواج الکترومغناطیسی از امواج اسپینی ازنوع پراکندگی رامان می باشد.

فصل اول

مقدمه

مقدمه:

ازبرهمکنش امواج الکترومغناطیسی بامادهٔ مغناطیسی اطلاعات ارزشمندی میتوان پیرامون ساختار مولکولی مواد بدست آورد.

یکی ازمهمترین جنبه های برهمکنش تابش الکترومغناطیسی باماده، موضوع پراکندگی تابش است. درک وتشریح مناسب برخی از مهمترین پدیده های طبیعی نیازمند به کارگیری نظریهٔ اصولی و منسجم درارتباط با پراکندگی تابش الکترومغناطیسی است. کاربردهای گستردهٔ نظریهٔ مزبور دربخشهای گوناگون فیزیک ازجمله، فیزیک اتمی، فیزیک هسته ای وفیزیک ذرات وحتی درشیمی وزیست شناسی دلیل بارزی براهمیت آن است.

دریک بررسی همه جانبه وپیشرفته، بادودیدگاه کلاسیک وکوانتومی میتوان به توصیف برهمکنش موج الکترومغناطیسی باماده وپراکندگی حاصل پرداخت. وازترکیب مفاهیم واصول الکترودینامیک ومکانیک کوانتومی، نظریهٔ پراکندگی تابش امواج الکترومغناطیسی را میتوان به شکل کوانتومی فرمول بندی کرد وبدین ترتیب به توصیف برخی از مهمترین جنبه های ساختاری ریز مواد نایل آمد. ازسوی دیگر بنانهادن شالوده های نظریهٔ امواج الکترومغناطیسی برمبنای اصول الکترودینامیک کلاسیک نیز می تواند به شکلی نسبتاً، کارآمد باشد.

طرح نظریهٔ امواج الکترومغناطیسی توسط ماکسول وفاراده در نیمه دوم قرن هیجدهم را میتوان اولین تجربه درزمینهٔ محیط انتقال دانست.

درمطالعات کلاسیکی گوستاو می[1] درسال ۱۹۰۸ تئوری جذب وپراکندگی این امواج از ذرات ریز را بررسی کرد. سپس درسال ۱۹۱۹ دبای[2] این مسأله را برای یک ذرهٔ کروی شکل بررسی کرد. ودرسالهای ۱۹۲۵ تا ۱۹۳۰ کرکر[3] برای ذرات به هراندازه جذب وپراکندگی امواج الکترومغناطیسی را محاسبه کرد [۱].

1- Gustav Mie

2- Deby

3- Ker Ker

درسری مطالعات کوانتومی اخایزر وباروا‌ختر[1] درسال ۱۹۶۷ بااستفاده ازبـه کـاربردن مجموعـه معادلات کامل ماکسول ودینامیک مغناطش (لاندائو-لیفشیتز) ادعاکردکه انتشار موج الکترومغناطیسـی درمواد مغناطیسی میتواند بانوسانات برانگیزشهای مغناطش مطابقت داشته باشد[۲].

همچنین درهمان سالها سوهل[2] ادعا کرد که موج القائی وابسته به زمـان ارتعاشـات مغنـاطش درمـواد فرومغنـاطیس وپادفرومغنـاطیس برطبـق قـانون القـای الکترومغناطیسـی سـبب تولیـد یـک میـدان الکترومغناطیسی استوانه ای میشود[۳]

درسال ۱۹۶۸ بـاس[3] عنـوان کـرد کـه بسـامدهای امـواج الکترومغناطیسـی- اسپینـی متعلـق بـه محدودهٔمیکروویو است. بنابراین وسایلی که براین اسـاس عمـل مـی کننـد بـاید از تکنولـوژی امـواج میکروویو بهره مند شوند. بنابراین برهمین اساس تحقیقات تئوری وعملی به توصیف پدیده هایی در انتشار موج الکترومغناطیسی-اسپینی در محیطهای فرومغناطیس روی آوردند. [۴]

دیراک[4] درسال ۱۹۶۷ بااستفاده ازاثر رامان، که پراکندگی غیر الاستیک نور را توجیـه مـی کنـد، بـرای مطالعـهٔ ارتعاشـــات ودوران مولکولهـــای برانگیختـــه اســـتفاده نمـــود. لادون[5] درســـال ۱۹۶۸ برانگیختگیهای اتمی، یونهای گذارفلزی را دراثر رامان یافت.[۵]

درسال ۱۹۷۰ هیوگن وسینگ[6] بطور مستقل ازهم اثر رامـان الکـترونی را بـرای توجیـه مـاهیت یونهای Pr^{3+} در LaF_3 بکاربردند. [۶]

شن وبلومبرگن[7] درسال ۱۹۷۲ ازاین اثر برای توجیه برهمکنش بین نور وامواج اسپینی اسـتفاده کردند که رفتارهای جفت شدگی نور را با فونون ومگنون بررسی کردند واحتمـال برانگیختگـی هـای مدهای امواج اسپینی را در مواد فرومغناطیس بدست آوردند[۷]

---

[1]- Akhaizer and BaryAkhtar

[2]- Suhl

[3]- Bass

[4]- Dirak

[5]- Ladoun

[6]- Hugen and Singh

[7]- Shen and Bloemberyen

درسال ۱۹۷۵ باس وکاگانوف[1]، احتمال پراکندگی نور را توسط امواج اسپینی یامگنونها رابصورت تئوری بیان کردند. درحقیقت اینها برهمکنش های مگنون-فوتون را به دوصورت زیر درنظر گرفتند.

الف) جفت شدگی مستقیم دوقطبی مغناطیسی و ب) جفت شدگی غیرمستقیم دوقطبی الکتریکی وبرهمکنش اسپین-مدار [۸]

بعداً، پراکندگی نور توسط مگنونها درپادفرومغناطیس FeF_2 توسط فلوری[2] درسال ۱۹۷۷ مشاهده شد وبااین عمل دردرجهٔ حرارت پایین توانستند خواص مغناطیسی، فرومغناطیس ها وپادفرومغناطیس ها را برحسب برانگیزش های امواج اسپینی توجیه نمایند[۹].

درسال ۱۹۷۹ ریچارد[3] برای توجیه برهمکنش فوتون-مگنون، ازبرهم کنش فونون-فوتون استفاده کرد وهمچنین بیان کرد که اندرکنشهای بین مگنونهای باانرژی متوسط نیز باید منظور شود.

همچنین ریچارد نشان دادکه بابه کاربردن یک میدان مغناطیسی خارجی اثرمذکور را به شیوه ای راحت تر می توان بیان کرد. [۱۰]

درسالهای ۸۳-۱۹۸۲ مطالعه تئوری امواج اسپینی درمحیطهای کاتوره ای مطرح شد. برای این فیشمن[4] برای تولید میدان جایگزیده کاتوره ای یک میدان خارجی یکنواخت درفرومغناطیس و پادفرومغناطیس ناهمسانگرد بابرهمکنش تبادلی کاتوره ای بکاربرد. [۱۱]

درسال ۱۹۸۸ دینامیک یک بعدی سیستم شیشه اسپینی دردمای صفردرجه توسط استینگ کامب[5] مطرح شد سعی کرد توسط روش ماتریس انتقال مقیاس ومحاسبهٔ خواص بحرانی استاتیک، رفتار امواج اسپینی را بیان کند. دراین شرایط رابطهٔ پاشندگی امواج اسپینی را متناسب باتوان $\frac{3}{2}$ بردار موج بدست آورد. [۱۲]

---

[1]- Kaganov

[2]- Fleoury

[3]- Richard

[4]- Fishman

[5]- Stinkcomb

پی منتال[1] بااستفاده ازروش سیستم های اسپینی کاتوره ای یک بعدی، دریک میدان مغناطیسی دردمای صفر رفتار بحرانی این سیستم ها را مورد بررسی قرارداده ودراین مورد سه مدل را درنظرگرفت.

میدان طولی هایزنبرگ، میدان عرضی هایزنبرگ ومیدان عرضی آیزینگ [۱۳]

همچنین پی منتال ثابت کرد که حول نقطهٔ گذار برای مقادیر کوچک میدان مغناطیسی کاهش می یابد وبصورت $\Delta = H - H_C$ درمی آید که H_C میدان مغناطیسی بحرانی است. بالاخره پی منتال درسال ۱۹۹۰ نتیجه گرفت که برای بررسی دینامیک سیستم های آیزینگ عرضی، نه تنها میدان کاتوره ای، بلکه اثرات نامنظم شیشه اسپینی باید نیز درنظر گرفته شود.

مادرفصل دوم این پایان نامه به بیان مفاهیم به کاررفته شده پرداختیم، به این معنی که بطور کامل خواص انتشار امواج الکترومغناطیسی وامواج اسپینی را درمواد مغناطیسی را بررسی کردیم.

درفصل سوم از دیدگاه کوانتومی دومسئله جفت شدگی وبرهمکنش امواج الکترومغناطیسی وامواج اسپینی در زنجیره اتمی فرومغناطیس وزنجیره یک بعدی باخواص شیشه اسپینی مورد بررسی قرارگرفت.

دربررسی زنجیره اتمی فرومغناطیس بااستفاده ازروش بارواختر و اخایزر رابطه پاشندگی را برای امواج الکترومغناطیسی واسپینی بدست آورده وبه بررسی برهمکنش این دو موج پرداخته ایم.

همچنین کارهای فیشمن را درمورد انتشار مدهای امواج اسپینی درمحیطهای باخواص شیشه اسپینی درنظرگرفته و جفت شدگی امواج اسپینی وامواج الکترومغناطیسی را درزنجیرهٔ اتمی یک بعدی با سیستم شیشه اسپینی را بررسی کرده و اندرکنش را ملاحظه کرده ایم.

درفصل چهارم مسئله پراکندگی امواج الکترومغناطیسی را ازروی مواد مغناطیسی از دودیدگاه بررسی کرده ایم . دردیدگاه کلاسیک باتوجه به تئوری "می" که پراکندگی امواج الکترومغناطیسی را ازروی ذرات ریز بررسی کرده است، این مسئله را برای یک جسم مغناطیسی به شکل کره حل کرده

---

[1]- Piemental

ایم. وهمچنین جزئیات این مسئله را ازطریق برنامه نویسی کامپیوتری به زبان فرترن۷۷ بررسی کرده ایم که درضمیمه آورده شده است.

دردیدگاه کوانتومی پراکندگی امواج الکترومغناطیسی را ازروی امواج اسپینی به روش رامان حل شده است و باتوجه به این تئوری سطح مقطع پراکندگی نیز حساب شده است.

فصل دوم

مبانی نظریه برهمکنش امواج الکترومغناطیسی باموادمغناطیسی