

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

آشنایی مقدماتی با

فرا مواد اپتیکی

امید خاکپور

سید مجتبی رضائی ثانی

سرشناسه	: خاکپور، امید، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدید آور	: آشنایی مقدماتی با فرامواد اپتیکی: امید خاکپور، مجتبی رضایی ثانی.
مشخصات نشر	: تهران : علم و دانش. ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۱۲۷ ص.
شابک	: ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۷۱۳۶ - ۵۲ - ۲
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: فیزیک -- امواج الکترومغناطیس -- نوسان های اپتیکی
شناسه افزوده	: رضایی ثانی، مجتبی، ۱۳۶۶ -
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۴ م ۴۲۲/۹۲۵/۸۴۵ QA
رده بندی دیویی	: ۵۳۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۷۸۵۳۰۶



نام کتاب : آشنایی مقدماتی با فرامواد اپتیکی

مولفان : امید خاکپور، مجتبی رضایی ثانی

ناشر : علم و دانش

نوبت چاپ : اول، ۱۳۹۴

مدیر فنی : داوود وهاب زاده

طرح جلد : کیانوش سعادت مند

لیتوگرافی / چاپ / صحافی : باختر / فرشپوه / زنوز

شمارگان : ۵۰۰ جلد

قیمت : ۷۰۰۰ تومان

نشانی: تهران، میدان انقلاب، خیابان انقلاب، بین خیابان اردیبهشت و ۱۲ فروردین، ساختمان ۳۱۰، طبقه زیر همکف
تلفن: ۶۶۴۱۵۴۵۹-۶۰

ایمیل: teymori_۱۳۵۵@yahoo.com

سایت: www.elmo-danesh.ir

فهرست

۷	پیشگفتار
۱۱	فصل اول: امواج الکترومغناطیس در محیط راستگرد
۱۱	۱-۱- انتشار امواج الکترومغناطیس در فضای تهی
۱۲	۱-۲- انتشار امواج الکترومغناطیس در محیط های همگن
۱۳	۳-۱- خطی بودن و علیت
۱۶	۴-۱- پاسخ نوسان و روابط پاشندگی
۱۹	فصل دوم: فرامواد، مفاهیم و روابط اولیه
۱۹	۱-۲- مقدمه
۲۱	۲-۲- مفاهیم پایه و تعاریف
۲۶	۳-۲- مواد با ضریب شکست منفی
۲۷	۴-۲- مواد با دی الکتریک منفی
۲۷	۲-۴-۱- فلزها و پلاسمون ها در نوسان های اپتیکی
۲۸	۲-۴-۲- ساختارهای شبکه سیمی به عنوان دی الکتریکهای منفی نوسان پایین
۳۲	۵-۲- مواد با تراوایی مغناطیسی منفی
۳۳	۲-۵-۱- دسته ای از استوانه های فلزی
۳۵	۲-۵-۲- تشدیدگر حلقهای مجزا
۴۰	۶-۲- مواد با ضریب شکست منفی
۴۳	۷-۲- همگن سازی و پارامترهای ماکروسکوپیک مؤثر مواد
۵۱	فصل سوم: بررسی هندسی یک محیط تک محور
۵۱	۱-۳- مفاهیم و تعاریف
۵۵	۲-۳- تحلیل موج تخت
۶۰	۳-۳- موج عادی و غیر عادی
۶۲	۴-۳- سطوح پاشندگی برای محیط دی الکتریک

فصل چهارم: بررسی هندسی روابط پاشندگی در یک محیط تکمحوره	
دیالکتریک الکترومغناطیده.....	۶۹
۴-۱- مقدمه.....	۶۹
۴-۲- تحلیل سطوح پاشندگی برای محیط الکترومغناطیده.....	۷۰
۴-۳- سطوح پاشندگی برای محیط الکترومغناطیده.....	۷۲
پیوست.....	۹۵
منابع.....	۹۸

www.ketab.ir

پیش گفتار

آن چه که امروز از فیزیک سراغ داریم حرکت به سوی مرزهایی بی‌انتهاست. شاید بتوان به جرأت گفت که حملات علم فیزیک به مرزهای متافیزیک از زمان ظهور نظریه نسبیت شروع شد و با این نظریه قسمت‌هایی از خاک سرزمین ناشناخته متافیزیک به تصرفات دانش بشری پیوست؛ تابوی سلطنت زمان درهم‌گسیخت و معادلات فضا از بند اثر رهایی یافت. فیزیک همچنان با ارائه نظریات جدید هر روزه ابعاد تازه‌ای از جهان هستی را کنکاش می‌کند. دستاوردهای علمی پدیده‌هایی که تا چندی پیش غیر عادی می‌نمودند و مسائلی را که تنها در تخیل جای داشتند را تبدیل به پدیده‌هایی عادی و حتی روزمره کرده‌اند و با ظهور پیشرفت‌های نظری در علم، راه برای توسعه تکنولوژی و ساخت مواد جدید با خواص کاربردی جدید فراهم گردیده‌است.

در این کتاب تمرکز ما به کارهای نظری وسلایگو^۱ است. معادلات ماکسول در ابتدا فقط برای موادی با تراوایی و گذردهی مثبت استفاده می‌شدند؛ قرار دادن تراوایی و گذردهی منفی که منجر به ضریب شکست منفی در این معادلات می‌گردید یک امر غیرعادی و بدون توجه فیزیکی محسوب می‌شد. واقعیت امر هم این بود که هیچ ماده‌ای در طبیعت که دارای این چنین خاصیتی باشد یافت نشده‌بود. ولی ویکتور وسلایگو در سال ۱۹۶۷ م و بر اساس موادی فرضی که دارای نفوذپذیری و گذردهی همزمان منفی بودند، مطالعات جدیدی را آغاز نمود. وی به صورت تئوری اثبات نمود که امواج تخت در این مواد فرضی، دارای سرعت فاز غیرموازی با سرعت گروه می-

^۱ Veselago

باشند. در نتیجه، بردارهایی که میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی و جهت انتشار در این مواد را توصیف می‌نمایند از قاعده دست چپ پیروی می‌کنند. وسلاگو همچنین نشان داد که این مواد دارای ویژگی‌های غیرمعمول همانند شکست منفی و معکوس شدن اثر داپلر می‌باشند. تحقیقات صورت گرفته توسط وسلاگو و پندری^۱ صرفاً جنبه نظری داشتند اما در سال‌های اخیر محققان توانسته‌اند چگونگی پیاده نمودن ساختار این مواد چپ‌گرد را درک نمایند. ساختارهای فرامواد با توجه به ویژگی‌های منحصر بفرد خود توانسته‌اند کاربردهایی در زمینه‌های مختلف از جمله یزشکی، مهندسی برق، قطعات اپتیکی و غیره پیدا کنند. امروزه از این مواد مصنوعی به عنوان «فراموادها» یاد می‌شود. برای این مواد چندین نام و اصطلاح دیگر همانند مواد با سرعت فاز منفی^۲، محیط‌هایی با امواج پسرو^۴ یا محیط‌های دوگانه منفی^۵ (اشاره به ϵ و μ منفی) نیز پیشنهاد شده‌است.

در این کتاب ابتدا در فصل اول نگاهی اجمالی خواهیم داشت بر مواد راست‌گرد و مفاهیمی که در این کتاب مورد نیاز است، در فصل دوم مواد چپ‌گرد را بررسی می‌کنیم و در ادامه و در فصل سه تحلیلی خواهیم داشت بر یک محیط تک‌محوره و در نهایت در فصل چهارم بررسی و تحلیل‌های خودمان را از انتشار در یک محیط الکترومغناطیده ارائه می‌دهیم.

^۱ Pendry

^۲ Metamaterials

^۳ Negative phase velocity

^۴ Backward wave media

^۵ Double negative media

علی رغم تلاش‌های صورت گرفته برای ارائه اثری بدون نقص مطمئناً این کتاب عاری از هر گونه ایراد و اشتباه نخواهد بود. ارائه نظرات و پیشنهادات خوانندگان عزیز ما را در بهبود بخشیدن به این اثر یاری خواهد کرد. در پایان بر خود لازم می‌دانیم تا از زحمات مهندس امیر تقی‌آبادی که در طول مدت نگارش کتاب همواره همراه ما بودند و به خصوص در ویرایش و طراحی این اثر ما را یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را به عمل آوریم. همچنین از راهنمایی‌های ارزنده اساتید بزرگوار آقایان دکتر مرتضی محسنی و دکتر علی‌اصغر شکری تشکر می‌نمائیم.

امید خاکپور

سید مجتبی رضائی ثانی

پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

پژوهشکده علوم نانو

s.m.rezaeisani@ipm.ir

تابستان ۱۳۹۳