بسم الله الرحمن الرحیم

امواج الکترومغناطیس و کاربردهای جدید آن

پژوهشگران: دینا کریمیان، عبدالله کریمیان، مریم شفیع‌اف

مرکز تحقیقات و فناوری نوین دمش سپاهان

چکیده: تابش الکترومغناطیسی نوعی انرژی است که به صورت امواج در فضا حرکت می‌کند. با فرکانس یا طول‌موج مشخص می‌شود و از امواج رادیویی کم‌انرژی تا پرتوهای گامای پر انرژی متغیر است. پرتوهای الکترومغناطیسی بخشی جدایی‌ناپذیر از زندگی روزمره ما است، زیرا در زمینه‌های مختلف استفاده می‌شود. پرتوهای الکترومغناطیسی از دیرباز برای ارتباط، تصویربرداری و انتقال انرژی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. با این حال، پیشرفت‌های اخیر در فناوری، امکان کاربردهای جدید تابش الکترومغناطیسی را در زمینه‌های مختلف فراهم کرده است. در این مقاله بعد از معرفی امواج الکترومغناطیس، تاریخچه و کاربردهای آن، به معرفی کاربردهای نوظهور پرتوهای الکترومغناطیسی، از جمله استفاده از آن در پزشکی، کشاورزی و نظارت بر محیط‌زیست پرداخته شده است.

چکیده

تابش الکترومغناطیسی نوعی انرژی است که به صورت امواج در فضا حرکت می‌کند. با فرکانس یا طول‌موج مشخص می‌شود و از امواج رادیویی کم‌انرژی تا پرتوهای گامای پر انرژی متغیر است. پرتوهای الکترومغناطیسی بخشی جدایی‌ناپذیر از زندگی روزمره ما است، زیرا در زمینه‌های مختلف استفاده می‌شود. پرتوهای الکترومغناطیسی از دیرباز برای ارتباط، تصویربرداری و انتقال انرژی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. با این حال، پیشرفت‌های اخیر در فناوری، امکان کاربردهای جدید تابش الکترومغناطیسی را در زمینه‌های مختلف فراهم کرده است. در این مقاله بعد از معرفی امواج الکترومغناطیس، تاریخچه و کاربردهای آن، به معرفی کاربردهای نوظهور پرتوهای الکترومغناطیسی، از جمله استفاده از آن در پزشکی، کشاورزی و نظارت بر محیط‌زیست پرداخته شده است.

واژگان کلیدی:

امواج الکترومغناطیس، کاربرد امواج الکترومغناطیس، طول‌موج، فرکانس

مقدمه:

تابش الکترومغناطیسی را می‌توان به عنوان شکلی از انرژی تعریف کرد که بدون جرم و بدون حجم است و با حرکت ذرات باردار الکتریکی که در یک ماده یا خلأ حرکت می‌کنند یا با نوسانات مغناطیسی و الکتریکی تولید می‌شود. میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی در ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند و امواج ترکیبی عمود بر هر دو میدان نوسانی الکتریکی و مغناطیسی که در طول اختلال رخ می‌دهد حرکت می‌کنند. (۱) تاریخچه تابش الکترومغناطیسی به قرن نوزدهم باز می‌گردد، زمانی که دانشمندانی مانند جیمز کلرک ماکسول و هاینریش هرتز اکتشافات پیشگامانه‌ای در مورد ماهیت نور، الکتریسیته و مغناطیس انجام دادند. نظریه الکترومغناطیس ماکسول که در سال ۱۸۶۵ منتشر شد، پیشنهاد کرد که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به هم مرتبط هستند و می‌توانند در فضا به شکل امواج منتشر شوند. این نظریه پایه و اساس درک مدرن ما از تابش الکترومغناطیسی را گذاشت. در اواخر دهه ۱۸۰۰ و اوایل دهه ۱۹۰۰، تعدادی از دانشمندان به بررسی بیشتر خواص تابش الکترومغناطیسی پرداختند. هرتز آزمایش‌هایی را برای نشان‌دادن وجود امواج الکترومغناطیسی انجام داد و کار او راه را برای توسعه فناوری رادیویی هموار کرد. محققان دیگری مانند ویلهلم رونتگن انواع جدیدی از تشعشعات الکترومغناطیسی مانند اشعه ایکس را کشف کردند که از آن زمان به ابزارهای مهمی در پزشکی و صنعت تبدیل شده‌اند. در طول قرن گذشته، مطالعه تابش الکترومغناطیسی به تکامل و گسترش خود ادامه داده است. امروزه دانشمندان از تشعشعات الکترومغناطیسی در طیف وسیعی از کاربردها، از فناوری مخابرات و ماهواره گرفته تا تصویربرداری پزشکی و محاسبات کوانتومی استفاده می‌کنند. به طور کلی، مطالعه تابش الکترومغناطیسی تأثیر عمیقی بر درک ما از جهان طبیعی و توانایی ما برای دست‌کاری آن برای اهداف عملی داشته است. با ادامه پیشرفت فناوری، این احتمال وجود دارد که ما همچنان به کشف راه‌های جدیدی برای مهار قدرت تابش الکترومغناطیسی برای طیف گسترده‌ای از کاربردها ادامه دهیم. (۲)

خصوصیات امواج الکترومغناطیس:

تابش الکترومغناطیسی که به نام امواج الکترومغناطیسی نیز شناخته می‌شود، یک مفهوم اساسی در زمینه فیزیک است. این به جریان انرژی در فضا به شکل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی است که در زوایای قائم با یکدیگر نوسان می‌کنند. تابش الکترومغناطیسی با سرعت نور (۳×۱۰^{۸} متر بر ثانیه) حرکت می‌کند و طیف وسیعی از طول‌موج‌ها، فرکانس‌ها و انرژی‌ها را در بر می‌گیرد .یکی از ویژگی‌های کلیدی تابش الکترومغناطیسی طول‌موج (λ) است که به عنوان فاصله‌ی بین دو قله یا فرورفتگی متوالی (دره) در موج تعریف می‌شود. طول‌موج با فرکانس (f) که تعداد نوسانات در ثانیه

است نسبت معکوس دارد. به این معنی که با افزایش فرکانس تابش الکترومغناطیسی، طول‌موج آن کاهش می‌یابد و بالعکس. رابطه بین طول‌موج و فرکانس را می‌توان به صورت ریاضی $\lambda = c/f$ بیان کرد که در آن c سرعت نور است. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم تابش الکترومغناطیسی انرژی فوتون (E) است که توانایی آن را در برهمکنش با ماده تعیین می‌کند. انرژی فوتون با فرکانس آن نسبت مستقیم و با طول‌موج آن نسبت معکوس دارد، طبق معادله‌ی $E = hf = hc/\lambda$ ، که در آن h ثابت پلانک است. این معادله نشان می‌دهد که تابش الکترومغناطیسی با طول‌موج‌های کوتاه‌تر و فرکانس‌های بالاتر انرژی بیشتری نسبت به تابش با طول موج‌های بلندتر و فرکانس‌های پایین‌تر دارد. رفتار پرتوهای الکترومغناطیسی نیز تحت تأثیر برهمکنش آن با ماده است. هنگامی که تابش الکترومغناطیسی با ماده برخورد می‌کند، بسته به خواص ماده و ویژگی‌های تابش، می‌تواند جذب، بازتاب یا منتقل شود. به عنوان مثال، موادی که در برابر نور مرئی شفاف هستند ممکن است در برابر اشعه‌ی ماوراء بنفش یا مادون‌قرمز مات باشند. در پایان، تشعشعات الکترومغناطیسی یک پدیده‌ی پیچیده و جذاب با بسیاری از خواص مهم است که رفتار و برهمکنش آن با ماده را تعیین می‌کند. درک این ویژگی‌ها برای طیف گسترده‌ای از کاربردها، از تصویربرداری پزشکی و ارتباطات گرفته تا انرژی خورشیدی و مکانیک کوانتومی ضروری است. (۳)

شکل ایک موج الکترومغناطیس

انواع امواج الکترومغناطیس:

تابش الکترومغناطیسی نوعی انرژی است که به صورت امواج در فضا حرکت می‌کند. با فرکانس یا طول‌موج مشخص می‌شود و از امواج رادیویی کم‌انرژی تا پرتوهای گامای پر انرژی متغیر است. پرتوهای الکترومغناطیسی بخشی جدایی‌ناپذیر از زندگی روزمره ما است، زیرا در زمینه‌های مختلف از جمله ارتباطات، پزشکی و فناوری استفاده می‌شود. در ادامه به بررسی انواع امواج الکترومغناطیس و کاربردهای آن‌ها پرداخته می‌شود:

- **امواج رادیویی**

امواج رادیویی طولانی‌ترین طول‌موج و کمترین فرکانس را در میان انواع تابش‌های الکترومغناطیسی دارند. آنها معمولاً برای اهداف ارتباطی مانند انتقال سیگنال‌های رادیویی و تلویزیونی استفاده می‌شوند. آنها همچنین در سیستم‌های راداری برای ناوبری و سنجش از راه دور استفاده می‌شوند.

- **مایکروویو**

امواج مایکروویو نسبت به امواج رادیویی دارای طول‌موج کوتاه‌تر و فرکانس بالاتری هستند. آنها معمولاً در اجاق‌های مایکروویو، سیستم‌های ارتباطی و سیستم‌های رادار استفاده می‌شوند. آنها همچنین در کاربردهای پزشکی برای اهداف تصویربرداری و درمان استفاده می‌شوند.

- **اشعه مادون‌قرمز**

تابش مادون‌قرمز طول‌موج بلندتر و فرکانس کمتری نسبت به نور مرئی دارد. معمولاً در سیستم‌های گرمایشی مانند بخاری‌های مادون‌قرمز و بخاری‌های فضای باز استفاده می‌شود. همچنین در سیستم‌های ارتباطی، مانند کنترل از راه دور مادون‌قرمز، و در برنامه‌های پزشکی برای اهداف تصویربرداری و درمان استفاده می‌شود.

- **نور مرئی**

نور مرئی تنها نوع تابش الکترومغناطیسی است که با چشم انسان قابل مشاهده است. این رنگ از رنگ‌های مختلف از قرمز تا بنفش تشکیل شده است که هر کدام دارای طول‌موج و فرکانس خاصی هستند. در کاربردهای مختلفی مانند نورپردازی، عکاسی و میکروسکوپ استفاده می‌شود.

- **اشعه ماورای‌بنفش**

اشعه ماورای‌بنفش (UV) طول‌موج کوتاه‌تر و فرکانس بالاتری نسبت به نور مرئی دارد. این ماده مسئول ایجاد آفتاب‌سوختگی و آسیب‌های پوستی است، اما کاربردهای مهمی در پزشکی مانند درمان بیماری‌های پوستی مانند پسوریازیس و اگزما دارد. همچنین در فرایندهای عقیم‌سازی و در تجزیه و تحلیل پزشکی قانونی استفاده می‌شود.

- **اشعه ایکس**

اشعه ایکس فرکانس بالاتر و طول‌موج کوتاه‌تری نسبت به اشعه ماورای‌بنفش دارد. آنها معمولاً در تصویربرداری پزشکی مانند رادیوگرافی اشعه ایکس و اسکن سی‌تی‌اسکن استفاده می‌شوند. آنها همچنین در کاربردهای صنعتی برای آزمایش‌های غیرمخرب و در سیستم‌های امنیتی فرودگاه استفاده می‌شوند.

- **اشعه گاما**

پرتوهای گاما دارای بالاترین فرکانس و کوتاه‌ترین طول‌موج در بین انواع پرتوهای الکترومغناطیسی هستند. آنها توسط واپاشی رادیواکتیو و واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شوند. آنها معمولاً در درمان سرطان، فرایندهای عقیم‌سازی و در تحقیقات علمی استفاده می‌شوند. (٤)

شکل ۲ امواج الکترومغناطیس

کاربردهای نوظهور تابش الکترومغناطیسی:

پرتوهای الکترومغناطیسی از دیرباز برای ارتباط، تصویربرداری و انتقال انرژی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. با این حال، پیشرفت‌های اخیر در فناوری، امکان کاربردهای جدید تابش الکترومغناطیسی را در زمینه‌های مختلف فراهم کرده است. در ادامه آخرین کاربردهای نوظهور پرتوهای الکترومغناطیسی، از جمله استفاده از آن در پزشکی، کشاورزی و نظارت بر محیط‌زیست آورده شده است. تابش الکترومغناطیسی به عنوان انتشار انرژی در فضا یا یک محیط به شکل امواج الکترومغناطیسی تعریف می‌شود. این امواج دارای طیف گسترده‌ای از فرکانس‌ها هستند، از امواج

با فرکانس بسیار کم (ELF) که در انتقال نیرو استفاده می‌شود تا پرتوهای گاما باانرژی بالا که در درمان پزشکی استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در استفاده از تابش الکترومغناطیسی در زمینه‌های مختلف صورت‌گرفته است.

- **کاربردها در پزشکی:**

یکی از نویدبخش‌ترین زمینه‌ها برای کاربرد تابش الکترومغناطیسی در پزشکی است. رادیوتراپی دهه‌هاست که برای درمان سرطان استفاده می‌شود، اما اخیراً محققان راه‌های جدیدی را برای استفاده از پرتوهای الکترومغناطیسی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها کشف کرده‌اند. به‌عنوان‌مثال، نور مادون‌قرمز نزدیک برای شناسایی تومورها در بافت پستان استفاده شده است، در حالی که تابش تراهرتز برای شناسایی حضور سلول‌های سرطانی در بیوپسی استفاده شده است. علاوه بر این، اشعه ماورای‌بنفش را می‌توان برای استریل کردن تجهیزات پزشکی و سطوح استفاده کرد و به جلوگیری از گسترش عفونت‌ها کمک کرد.

- **کاربرد در کشاورزی:**

پرتوهای الکترومغناطیسی در کشاورزی نیز کاربرد پیدا کرده است. سنجش‌ازدور با استفاده از تشعشعات مرئی، مادون‌قرمز و مایکروویو اهمیت فزاینده‌ای در مدیریت محصول پیدا کرده است و به کشاورزان اجازه می‌دهد تا سلامت محصول را نظارت کنند، عملکرد را پیش‌بینی کنند و آبیاری و کوددهی را بهینه کنند. علاوه بر این، اشعه UV-C برای کنترل بیماری‌ها و آفات گیاهی استفاده شده است و نیاز به درمان‌های شیمیایی را کاهش می‌دهد.

- **علم مواد**

یکی از جدیدترین کاربردهای پرتوهای الکترومغناطیسی در زمینه علم مواد است. محققان از پرتوهای پرانرژی ایکس و پرتوهای نوترونی برای مطالعه ساختار اتمی مواد استفاده می‌کنند. این به دانشمندان اجازه می‌دهد تا خواص مواد را بهتر درک کنند و می‌تواند منجر به توسعه مواد جدید با خواص منحصربه‌فرد شود.

- **کاربرد در پایش محیط‌زیست:**

حوزه‌ی دیگری که تابش الکترومغناطیسی در آن نویدبخش بوده است، پایش محیطی است. سنجش‌ازدور با استفاده از تشعشعات مایکروویو می‌تواند برای اندازه‌گیری رطوبت خاک و تشخیص تغییرات در پوشش گیاهی استفاده شود و اطلاعات ارزشمندی در مورد سلامت اکوسیستم‌ها ارائه

دهد. به طور مشابه، اشعه ماورای‌بنفش می‌تواند برای نظارت بر کیفیت هوا، شناسایی آلاینده‌هایی مانند ازن و اکسیدهای نیتروژن استفاده شود. (۵)

چالش‌ها و فرصت‌ها:

امواج الکترومغناطیسی در زندگی روزمره ما همه‌جا وجود دارد، از امواج رادیویی که برای برقراری ارتباط استفاده می‌کنیم تا امواج مایکروویو که غذای ما را گرم می‌کنند. از آنجایی که تقاضا برای ارتباطات بی‌سیم و سایر کاربردها همچنان در حال رشد است، نیاز فزاینده‌ای برای استفاده مؤثرتر از امواج الکترومغناطیسی وجود دارد. امواج الکترومغناطیسی منبع ارزشمندی هستند که می‌توانند در بسیاری از کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، با افزایش تقاضا برای ارتباطات بی‌سیم و سایر برنامه‌ها، طیف موجود برای این برنامه‌ها به طور فزاینده‌ای شلوغ می‌شود. این می‌تواند منجر به تداخل و کاهش عملکرد شود. یک راه‌حل بالقوه بازیافت و استفاده مجدد از امواج الکترومغناطیسی است. یکی از چالش‌های اصلی استفاده از امواج الکترومغناطیسی مورد استفاده، شناسایی و گرفتن این امواج است. این به تجهیزات تخصصی نیاز دارد که بتواند سیگنال‌های مورد نظر را از نویز پس‌زمینه تشخیص داده و جدا کند. پس از ضبط، این سیگنال‌ها می‌توانند تقویت شوند و برای برنامه‌های کاربردی دیگر استفاده مجدد شوند. استفاده مجدد از امواج الکترومغناطیسی چندین مزیت بالقوه دارد. با بازیافت این امواج، مصرف انرژی را می‌توان کاهش داد که به ویژه در کاربردهایی که قدرت محدود است یا در جایی که بهره‌وری انرژی در اولویت است، اهمیت دارد. علاوه بر این، استفاده مجدد از امواج الکترومغناطیسی می‌تواند بازده طیفی را بهبود بخشد و امکان استفاده کارآمدتر از طیف موجود را فراهم کند. با این حال، چالش‌های مرتبط با استفاده مجدد از امواج الکترومغناطیسی نیز وجود دارد. این موارد شامل خطر تداخل با سیگنال‌های دیگر و نیاز به تجهیزات تخصصی برای گرفتن و پردازش این سیگنال‌ها است. علاوه بر این، عملکرد سیگنال‌های استفاده مجدد ممکن است به اندازه سیگنال‌های جدید قابل اعتماد نباشد که می‌تواند کاربرد آنها را در برخی مناطق محدود کند. (٦)

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

اگرچه کاربردهای نوظهور تشعشعات الکترومغناطیسی امکانات هیجان‌انگیزی را ارائه می‌دهد، اما چالش‌هایی نیز وجود دارد که باید به آنها توجه شود. برای مثال، اثرات بالقوه سلامتی ناشی از قرارگرفتن طولانی‌مدت در معرض انواع خاصی از تشعشعات باید به‌دقت مورد مطالعه قرار گیرد. علاوه بر این، نیاز به تحقیقات بیشتر در مورد محدوده فرکانس و شدت بهینه برای کاربردهای خاص

وجود دارد. تشعشعات الکترومغناطیسی بخشی ضروری از زندگی روزمره‌ی ما است و کاربردهای متعددی در زمینه‌های مختلف دارد. درک انواع مختلف پرتوهای الکترومغناطیسی و خواص آنها برای استفاده ایمن و مؤثر از آنها بسیار مهم است. همان‌طور که تکنولوژی به تکامل خود ادامه می‌دهد، بدون شک کاربردهای جدیدی برای تشعشعات الکترومغناطیسی پدیدار خواهد شد و آن را به یک زمینه‌ی مطالعاتی هیجان‌انگیز و دائماً در حال تکامل تبدیل می‌کند. (٤)

منابع:

۱. https://byjus.com

۲. S. R. Cloude and E. Pottier, Electromagnetic Radiation: A Review, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, ۲۰۰۹

۳. Serway, R. A., & Jewett, J. W., Principles of physics. Cengage Learning, ۲۰۱۳

٤. Siddique, S., & Ikram, M., Electromagnetic radiation: sources, hazards and protection. Saudi Journal of Biological Sciences, ۲۰۱۹

٥. Foster, K. R., & Smith, S. W. Electromagnetic fields and public health: a review. Journal of epidemiology and community health, ۲۰۱۹

٦. Kim, Wook Bong et al. “A Survey on Reusing Electromagnetic Waves.” IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. ۲۳, no. ۲, ۲۰۲۱