

جو زمین و اثرات آن بر امواج الکترومغناطیس

مؤلفین: اصغر ابراهیمی، نسیم محمدیان، عاطفه سهرابی و شاپور کرامت



**NAGHOOS
PUBLICATION**



پژوهشگاه گروه منابع لغایی ملی ایران

عنوان و نام پدیدآور	جوزمین و اثرات آن بر امواج الکترومغناطیس / مؤلفین اصغر ابراهیمی... [و دیگران]
مشخصات نشر	[برای] پژوهشکده گروه صنایع فضایی صابایران. تهران: انتشارات ناقوس، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	۱۸۲ ص: مصور (رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۳۷۷-۵۱۶-۲ : ۷۵۰۰۰ ریال بها :
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	مؤلفین اصغر ابراهیمی، نسیم محمدیان، عاطفه سهرابی و شاپور کرامت.
یادداشت	واژه نامه - کتابنامه
موضوع	امواج الکترومغناطیس - انتشار
موضوع	امواج الکترومغناطیس - جو (اتمسفر)
شناسه افزوده	ابراهیمی، اصغر، ۱۳۳۵-
شناسه افزوده	شرکت صنایع الکترونیک ایران. پژوهشکده گروه صنایع فضایی
رده بندی کنگره	۹۱۳۹۰ ج ۸ الف / QC ۶۶۵
رده بندی دیویی	۵۳-۱۴۱
شماره کتابشناسی ملی	۱۶۲۵۶۲۲



www.naghoospress.ir

انتشارات ناقوس

چاپ اول

نام کتاب	جوزمین و اثرات آن بر امواج الکترومغناطیس
ناشر	انتشارات ناقوس
مؤلفین	اصغر ابراهیمی، نسیم محمدیان، عاطفه سهرابی و شاپور کرامت
چاپ اول	۱۳۹۰
تیراژ	۱۰۰۰ جلد
لیتوگرافی	فراز نکر
چاپ	۱۲۸
صحافی	کنج شایگان
صفحه آرا	مریم رضائی
قیمت	۷۵۰۰۰ ریال
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۳۷۷-۵۱۶-۲
ISBN	978-964-377-516-2

کلیه حقوق برای سرمایه گذار محفوظ است. تکثیر تمامی یا قسمتی از این اثر به صورت حروفچینی یا چاپ مجدد، چاپ افست، پلی کپی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است و پیگرد

مراکز پخش:

۱- انتشارات ناقوس: میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، خیابان روانمهر، کوچه دولتشاهی، پلاک ۲

تلفن و فاکس: ۶۶۴۰۸۵۲۰ - ۶۶۴۰۱۷۹۸ - ۶۶۴۱۷۰۷۲ - ۶۶۴۶۶۷۹۳

۲- کتابفروشی الیاس: خیابان انقلاب، نبش فروردین تلفن: ۶۶۴۰۵۰۸۲

فهرست مطالب

پیشگفتار

فصل اول: معرفی جو و ساختار آن

۱-۱ مقدمه

۲-۱ منشاء پیدایش جو در سیاره زمین

۳-۱ ترکیبات جو

۱-۳-۱ گازهای جو

۲-۳-۱ تغییرات گازهای جو

۴-۱ فشار جو

۵-۱ تغییرات چگالی جو

۶-۱ طبقه‌بندی لایه‌های مختلف جو

۱-۶-۱ تروپوسفر

۱-۱-۶-۱ وارونگی دمایی

۱-۱-۶-۱ وارونگی تشعشعی

۲-۱-۶-۱ وارونگی تلاطمی

۳-۱-۶-۱ وارونگی فرونشینی

۴-۱-۶-۱ وارونگی جبهه‌ای

۲-۱-۶-۱ اثرات و پیامدهای وارونگی دما

۱-۲-۱-۶-۱ آثار وارونگی دمایی در محیط طبیعی

۲-۲-۱-۶-۱ آثار وارونگی دمایی بر زندگی انسان

۲-۶-۱ استراتوسفر

۱-۲-۶-۱ ازن

۳-۶-۱ مزوسفر

۴-۶-۱ ترموسفر

- ۳۱ ۵-۶-۱ یونسفر
- ۳۲ ۱-۵-۶-۱ لایه‌های یونسفری
- ۳۴ ۶-۶-۱ اگزوسفر
- ۳۴ ۷-۶-۱ ماگنتوسفر
- ۳۵ ۸-۶-۱ کمربند تشعشی زمین
- ۳۵ ۱-۸-۶-۱ تاریخچه پیدایش
- ۳۶ ۲-۸-۶-۱ نحوه پی‌بردن به وجود کمربند تشعشی زمین
- ۳۷ ۳-۸-۶-۱ موقعیت فضایی کمربندهای تشعشی زمین
- ۳۷ ۴-۸-۶-۱ ساختار کمربندهای تشعشی زمین
- ۳۸ ۵-۸-۶-۱ منشأ پیدایش کمربندهای تشعشی زمین
- ۳۸ ۶-۸-۶-۱ کمربندهای تشعشی در نقش حفاظ‌های الکترومغناطیسی زمین
- ۴۰ ۹-۶-۱ شفق‌های قطبی
- ۴۰ ۷-۱ گرم شدن جو
- ۴۳ ۸-۱ فضا کجاست؟
- ۴۶ ۹-۱ منابع

۴۷ فصل دوم: انتشار امواج الکترومغناطیس در محیط‌های تصادفی

- ۴۷ ۱-۲ مقدمه
- ۴۸ ۲-۲ معادلات ماکسول
- ۴۹ ۳-۲ معادله موج
- ۵۰ ۴-۲ محیط انتشار امواج الکترومغناطیسی
- ۵۱ ۵-۲ انتشار امواج الکترومغناطیس در محیط‌های تصادفی
- ۵۵ ۶-۲ روش‌های حل معادله موج در محیط متلاطم
- ۵۶ ۱-۶-۲ تقریب بورن
- ۵۷ ۲-۶-۲ حل ریتوف
- ۵۸ ۳-۶-۲ روش حل انتگرالی هویگنس-فرنل تعمیم یافته
- ۶۲ ۷-۲ منابع

۶۳ فصل سوم: سیستم الکترواپتیکی و اثرات جو بر انتشار آنها

- ۶۳ ۱-۲ مقدمه
- ۶۴ ۲-۲ پراکندگی جوی
- ۶۵ ۱-۲-۳ پراکندگی ریلی
- ۶۷ ۲-۲-۳ پراکندگی می
- ۶۷ ۳-۲-۳ پراکندگی غیرانتخابی

۶۸	۳-۲ جذب جوی
۶۹	۳-۴ اثرهای جذبی جو
۷۱	۳-۵ محاسبات مربوط به عبوردهی جو
۷۱	۳-۵-۱ محاسبه ضریب تضعیف امواج مرئی
۷۴	۳-۵-۲ روش تجربی برای محاسبه تضعیف در طیف مادون قرمز
۷۴	۳-۵-۲-۱ عبوردهی مربوط به جذب
۷۵	۳-۵-۲ عبوردهی مربوط به پراکندگی
۷۵	۳-۵-۳-۱ پراکندگی ریلی
۷۶	۳-۵-۳-۲ پراکندگی می
۷۶	۳-۶ مروری بر مدل‌های مختلف جو
۷۶	۳-۶-۱ مدل HITRAN
۷۷	۳-۶-۲ مدل LOWTRAN
۷۷	۳-۶-۳ مدل MODTRAN
۷۸	۳-۶-۴ مدل FASCODE
۷۸	۳-۷ تالاطمات جوی
۷۸	۳-۷-۱ افت و خیزهای سرعت
۸۰	۳-۷-۲ افت و خیزهای حرارتی
۸۰	۳-۷-۳ افت و خیزهای ضریب شکست
۸۲	۳-۷-۴ تابع همپوشانی و تابع ساختار نوسانات ضریب شکست
۸۴	۳-۷-۵ تابع چگالی توان نوسانات ضریب شکست
۸۷	۳-۷-۶ اندازه‌گیری ثابت ساختار ضریب شکست
۸۹	۳-۷-۶-۱ مدل SLC برای یافتن Cn^2
۹۰	۳-۷-۶-۲ مدل HVB برای یافتن C_n^2
۹۱	۳-۷-۷ شرایط نوسانات ضعیف و قوی
۹۲	۳-۷-۸ اثر تالاطمات جوی بر سیستم‌های الکترواپتیکی (تصاویر)
۹۳	۳-۷-۸-۱ نورگیری کوتاه (SET) و نورگیری طولانی (LET)
۹۶	۳-۷-۸-۲ مشاهده در مسیر عمودی یا مورب
۹۸	۳-۸ منابع

فصل چهارم: لیزر و تأثیرات جو بر انتشار آن

۹۹	۴-۱ مقدمه
۱۰۰	۴-۲ آشنایی با لیزر
۱۰۲	۴-۲-۱ ویژگی‌های پرنو لیزر
۱۰۲	۴-۲-۱-۱ جهت‌مندی
۱۰۳	۴-۲-۱-۲ درخشندگی

- ۱۰۳ ۳-۱-۲-۴ تکفامی
- ۱۰۲ ۴-۱-۲-۴ همدوسی
- ۱۰۴ ۲-۲-۴ انواع لیزر
- ۱۰۵ ۱-۲-۲-۴ لیزر حالت جامد
- ۱۰۵ ۲-۲-۲-۴ لیزر گازی
- ۱۰۵ ۳-۲-۲-۴ لیزر مایع
- ۱۰۵ ۴-۲-۲-۴ لیزر نیمه رسانا
- ۱۰۶ ۵-۲-۲-۴ لیزر شیمیایی
- ۱۰۷ ۳-۴ اثر جذب و پراکندگی جوهر پرتو لیزر
- ۱۰۷ ۱-۳-۴ جذب جوی
- ۱۱۵ ۲-۳-۴ پراکندگی جوی
- ۱۱۵ ۱-۲-۲-۴ پراکندگی دیلی
- ۱۱۹ ۲-۲-۳-۴ پراکندگی می
- ۱۲۷ ۳-۲-۳-۴ انتشار از میان غبار، مه و باران
- ۱۳۰ ۴-۴ اثرات تلاطم جو بر پرتو لیزر
- ۱۳۰ ۱-۴-۴ تغییر در طول همدوسی
- ۱۳۱ ۲-۴-۴ پهن شدگی پرتو
- ۱۳۲ ۳-۴-۴ انحراف زاویه‌ای پرتو
- ۱۳۳ ۴-۴-۴ افت و خیز شدت پرتو
- ۱۳۳ ۵-۴-۴ افت و خیز فاز پرتو
- ۱۳۴ ۶-۴-۴ وابستگی زمانی تلاطم جو
- ۱۳۴ ۵-۴ شکوفه‌زنی حرارتی
- ۱۳۴ ۱-۵-۴ مقدمه
- ۱۳۶ ۲-۵-۴ فرمول‌بندی پدیده شکوفه‌زنی حرارتی
- ۱۳۷ ۱-۲-۵-۴ گرم کردن هم فشار
- ۱۳۸ ۲-۲-۵-۴ گرم کردن غیرهم فشار
- ۱۳۹ ۳-۵-۴ شکوفه‌زنی حرارتی در حالت پایدار با حرکت پرتو و باد
- ۱۴۰ ۱-۳-۵-۴ پرتوهای موازی منتشر شده از مسیر یکنواخت
- ۱۴۰ ۱-۱-۳-۵-۴ محاسبه خرابی فاز پرتو موازی ناشی از پدیده شکوفه‌زنی حرارتی
- ۱۴۲ ۲-۱-۳-۵-۴ محاسبه خرابی شدت پرتوی لیزر ناشی از پدیده شکوفه‌زنی حرارتی
- ۱۴۶ ۲-۳-۵-۴ پرتوهای متمرکز شده - مسیرهای غیرهمگن
- ۱۴۸ ۶-۴ استفاده از سامانه اپتیک تطبیقی برای اصلاح اثرات تخریبی جو
- ۱۴۹ ۱-۶-۴ چگونگی عملکرد سامانه‌های اپتیک تطبیقی
- ۱۵۰ ۲-۶-۴ مؤلفه‌های کلیدی در سامانه‌های اپتیک تطبیقی
- ۱۵۰ ۱-۲-۶-۴ حسگرهای جبهه موج

۱۵۰	۴-۶-۲ آینه‌های شکل‌پذیر
۱۵۲	۴-۷ منابع

۱۵۵ فصل پنجم: امواج رادیویی و اثرات جو بر انتشار آنها

۱۵۵	۵-۱ مقدمه
۱۵۵	۵-۲ باندهای فرکانس امواج رادیویی
۱۵۶	۵-۲-۱ تقسیم بندی باندهای فرکانس رادیویی
۱۵۹	۵-۳ پدیده‌های انتشار امواج رادیویی
۱۶۰	۵-۳-۱ تضعیف امواج رادیویی
۱۶۰	۵-۳-۱-۱ تضعیف باران
۱۶۲	۵-۳-۱-۲ تضعیف ابر و مه
۱۶۳	۵-۳-۱-۳ ضریب تلفات ویژه
۱۶۴	۵-۳-۱-۴ تضعیف برف و تگرگ
۱۶۵	۵-۳-۱-۵ تضعیف سایر ذرات جو
۱۶۶	۵-۳-۲ بازتاب امواج رادیویی
۱۶۸	۵-۳-۳ پدیده شکست و انحنای مسیر
۱۷۱	۵-۴ منابع

۱۷۳ فرهنگ لغات تخصصی

الْمَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ وَفَعَلَ الظُّلُمَاتِ وَالنُّورَ ثُمَّ الَّذِينَ
كَفَرُوا بِرَبِّهِمْ يَعْتَدِلُونَ (سورة انعام آیه ۱)

"ستایش سزاوار خداوندی است که آسمانها و زمین را آفرید، و ظلمتها و نور را
پدید آورد؛ اما کافران برای پروردگار خود، شریک و شبیه قرار می‌دهند (با اینکه
دلایل توحید و یگانگی او، در آفرینش جهان آشکار است)"

www.ketab.ir

پیشگفتار

امواج الکترومغناطیس پس از ارسال از منبع تا هنگام دریافت آنها توسط گیرنده تحت تأثیر پدیده‌های گوناگون محیطی قرار می‌گیرند. شناخت جو زمین به عنوان یکی از مهمترین محیط‌هایی که امواج الکترومغناطیس در آن منتشر می‌شوند و مطالعه پدیده‌های ناشی از انتشار، به منظور بهره‌برداری صحیح از امواج الکترومغناطیس در باندهای مختلف فرکانسی شایان توجه بوده و محتوای کتاب حاضر را تشکیل می‌دهد.

با توجه به فعالیت‌های بی‌شمار انجام شده در این زمینه در سطح بین‌المللی در قالب تألیف کتاب و ارائه نرم‌افزار و همچنین با توجه به اهمیت این موضوع برای جامعه علمی کشور بر آن شدیم که نتایج حاصل از سال‌ها تلاش، تحقیق و مطالعه مستمر خویش در این حوزه را به رشته نگارش در آوریم. برای این منظور کتاب حاضر را در پنج فصل نگاشته‌ایم. در فصل اول این کتاب سعی شده تا ساختار جو و خصوصیات آن تا حد امکان معرفی گردد و چهار فصل بعد به بررسی پدیده‌های انتشاری پرداخته است. به طوری که در فصل دوم معادلات موج الکترومغناطیس در محیط‌های تصادفی ارائه شده و در فصل سوم نتایج حل این معادلات برای سیستم‌های الکترواستاتیکی بررسی شده است. فصل چهارم این کتاب به معرفی لیزر به عنوان یکی از منابع مهم و استراتژیک امواج الکترومغناطیس پرداخته و انتشار آن در جو زمین را مورد تحلیل و بررسی قرار داده است. در نهایت در فصل پنجم مروری اجمالی بر پدیده‌های انتشاری امواج رادیویی صورت گرفته است.

این کتاب به منظور استفاده کارشناسان، محققان، دانشجویان، صاحب نظران و علاقه‌مندان به بحث انتشار امواج الکترومغناطیس تهیه شده و از آنجایی که هر اثری ممکن است دارای کاستی‌هایی باشد، لذا از ایشان خواستاریم با ارائه پیشنهادات و دیدگاه‌های سازنده خویش به منظور رفع کاستی‌ها و افزایش کیفی و محتوایی کتاب در چاپ‌های بعدی اینجانبان را مورد لطف و عنایت خویش قرار دهند.

در پایان لازم است از جناب آقای مهندس رضا طرفی که در کلیه مراحل تألیف کتاب ما را یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را به عمل آوریم. از جناب آقای مهندس سید محسن مظلوم که زحمت ویرایش علمی کتاب بر عهده ایشان بود بسیار سپاسگزاریم. و همچنین از همکاری صمیمانه آقایان مهندسین مهدی زجاجی، احمد سلمان اوغلی خیاوی، امیر معقول، سعید بهزادی سهیل، وحید آشوری و سهیل مهدیان در به ثمر رسیدن این کتاب متشکریم.