

Studying the effectiveness of the Earth's magnetic field and atmosphere in repelling harmful solar radiation

Nawid Musarat

Department of Physics, Education Faculty, Jawzjan University, Sheberghan, Afghanistan.

Corresponding Author: Nawid Musarat, E-mail address: nawidpirooz@gmail.com

Article Info

Article Type:
Review Article

Article History:

Received:
4, March, 2025

Accepted:
4, June, 2025

Published:
15, June, 2025

Keywords:

ABSTRACT

The Earth's defense against harmful solar radiation fundamentally depends on two natural systems: its magnetic field and its atmosphere. Both serve as critical shields, protecting life on the planet from potentially dangerous solar emissions. This study explores the extent to which each system contributes to filtering and deflecting harmful solar radiation, using a literature-based analytical approach. Findings suggest that the Earth's magnetic field plays a key role in diverting charged solar particles, while the atmosphere acts as a physical barrier, preventing these particles from reaching the surface. This dual mechanism offers protection from the damaging consequences of solar storms and associated radiation. The atmospheric ozone layer, in particular, is effective in absorbing harmful ultraviolet (UV) rays, thereby reducing health risks for living organisms. Earth's magnetic field provides a more substantial line of defense compared to the atmosphere when it comes to repelling harmful solar radiation. However, the collaborative functioning of both systems is essential for maintaining a protective shield over the planet's surface.

Atmosphere, Solar Radiation, Earth's Magnetic Field, Solar Storms.

To cite this article: Musarat, N : 2025. Studying the effectiveness of the Earth's magnetic field and atmosphere in repelling harmful solar radiation. Baghlan University Academic Research Journal, Vol. 13, Issue. 1, Serial No. 36 - Spring (2025), 219-232. License: RCTD – GNJR – 0018 - 23.

Publisher: University of Baghlan



بررسی میزان مؤثریت ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر زمین در دفع تشعشعات

زیان‌آور خورشیدی

پوهنمل نوید مسرت

عضو کادر علمی دیپارتمنت فزیک پوهنځي تعلیم و تربیه پوهنتون جوزجان

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله مروری	زمین برای محافظت در برابر تشعشعات مضره‌ی خورشیدی به دو عامل طبیعی وابسته است: ساحه‌ی مقناطیسی زمین و اتموسفیر. این دو عامل اساسی در محافظت از سیاره‌ی زمین در برابر تشعشعات مضره‌ی خورشید هستند. در این تحقیق به بررسی میزان مؤثریت ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر زمین در دفع تشعشعات زیان‌آور خورشید پرداخته شده است. هدف آن دریافت میزان مؤثریت این دو پدیده‌ی طبیعی بالای تشعشعات مضره‌ی خورشید می‌باشد. این مطالعه به روش کتابخانه‌ای صورت گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که، ساحه‌ی مقناطیسی زمین باعث انحراف ذرات چارج‌دار خورشیدی گردیده و اتموسفیر زمین، از ورود آن‌ها به سطح زمین جلوگیری می‌کند و بدین‌وسیله از اثرات مخرب طوفان‌های خورشیدی و تشعشعات ناشی از آن‌ها محافظت کرده و هم‌چنان اتموسفیر زمین، به ویژه لایه اوزون، قادر است تشعشعات مضر فرابنفش خورشیدی را جذب کرده و از آسیب‌های صحتی به موجودات زنده جلوگیری نماید. ساحه‌ی مقناطیسی زمین نسبت به اتموسفیر زمین تأثیرات بیشتر در دفع تشعشعات مضره‌ی خورشید داشته و ترکیب عمل‌کرد این دو سیستم به طور مؤثری از سطح زمین در برابر تشعشعات خطرناک خورشیدی محافظت می‌کند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۴ هـ.ش	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۴ هـ.ش	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۲۵ هـ.ش	
واژه‌های کلیدی:	اتموسفیر، تشعشعات خورشیدی، ساحه‌ی مقناطیسی زمین، طوفان‌های خورشیدی.

استناد: مسرت، نوید، (۱۴۰۴)، بررسی میزان مؤثریت ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر زمین در دفع تشعشعات زیان‌آور خورشیدی، مجله علمي-تحقيقي پوهنتون بغلان، شماره ۱، بهار (۱۴۰۴)، شماره مسلسل ۳۶، دور ۱۳، (۲۱۹-۲۳۲).
ناشر: پوهنتون بغلان.

مقدمه

کریه‌ی زمین، به عنوان تنها کری قابل زنده‌گی شناخته‌شده در کیهان، همواره در معرض تشعشعات مختلف خورشیدی قرار دارد که برخی از آن‌ها می‌توانند تهدیدی جدی برای حیات و محیط‌زیست این سیاره باشند. از جمله این تشعشعات مضره می‌توان به ذرات چارج‌دار، اشعه‌های فرابنفش (UV) و اشعه‌های ایکس اشاره کرد که قادر اند به آسیب رساندن ساختارهای بیولوژیکی موجودات زنده و تأثیرات منفی بر تغییرات اقلیمی و ساختار آب و هوای زمین بگذارند. از این‌رو، در طول میلیون‌ها سال، دو میکانیزم طبیعی عبارت از: ساحه‌ی الکترومقناطیسی و اتموسفیر زمین به عنوان سپرهای حفاظتی زمین در برابر این تشعشعات خورشیدی ایجاد شده‌اند. ساحه‌ی مقناطیسی زمین، که از حرکت هسته فلزی سیاره نشأت می‌گیرد، با منحرف ساختن ذرات چارج‌دار خورشیدی از مسیر خود، نقشی حیاتی در جلوگیری از ورود این ذرات به اتموسفیر زمین ایفا می‌کند. در کنار آن، اتموسفیر زمین با ساختار بسیار مغلق و پیچیده‌ی خود، به ویژه لایه اوزون، قادر است بخش زیادی از اشعه‌های مضر خورشیدی را جذب یا منعکس کند و از رسیدن این تشعشعات به سطح زمین جلوگیری نماید (حیدری و دیگران، ۱۳۹۸: ۵۹). هر یک از این سیستم‌های طبیعی در دفع تهدیدات خورشیدی نقشی غیرقابل انکار دارند، اما این‌که کدام‌یک از آن‌ها به طور مؤثرتر از دیگری عمل می‌کند، سؤال‌ی است که نیازمند بررسی دقیق‌تری است.

این مقاله به هدف تحلیل و مقایسه میزان اثربخشی ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر در دفع تشعشعات مضر خورشیدی، تلاش می‌کند تا ابعاد مختلف عمل‌کرد این دو سیستم حفاظتی را آشکار سازد. این مطالعه نه تنها به درک بهتر میکانیزم‌های محافظتی زمین کمک می‌کند، بلکه اهمیت هم‌زمانی عمل‌کرد این دو سیستم را در حفظ حیات روی سیاره‌مان برجسته می‌سازد.

در این زمینه ارزیابی تأثیرات دقیق و بلندمدت این سیستم‌های طبیعی در مقابله با طوفان‌های خورشیدی و فعالیت‌های شدید خورشیدی مشهود است. علی‌رغم تحقیقات انجام‌شده، هنوز به طور کامل مشخص نیست که چگونه ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر زمین می‌توانند به طور مؤثر در برابر تشعشعات خورشیدی در شرایط بحرانی از جمله طوفان‌های خورشیدی شدید عمل کنند. هم‌چنان، اطلاعات کمی درباره تأثیرات این تشعشعات بر فناوری‌های نوین و سلامت انسان‌ها در شرایط خاص وجود دارد. این خلأهای تحقیقاتی نیاز به بررسی‌های گسترده‌تر و نتایج بلندمدت برای درک بهتر از عمل‌کرد این سیستم‌های حفاظتی طبیعی و تأثیرات آن‌ها بر محیط زیست و

فناوری‌های بشر دارد. تحقیقات مختلفی که در این زمینه صورت گرفته، نشان می‌دهند که ساحه‌ی مقناطیسی زمین و لایه اوزون هر دو نقش حیاتی در محافظت از سیاره زمین در برابر تشعشعات خورشیدی و آسیب‌های ناشی از آن دارند. در تحقیقی که در سال ۱۳۹۵ تأثیر ساحه‌ی مقناطیسی زمین بر کاهش اثرات تشعشعات خورشیدی را بررسی کرده و نتیجه گرفته که این ساحه‌ی به طور مؤثر از ورود ذرات چارج‌دار خورشیدی به اتموسفیر زمین جلوگیری می‌کند (کریمی و دیگران، ۱۳۹۵: ۴۳). هم‌چنین، تحقیقی که در سال ۱۳۹۶ تأثیر لایه اوزون در جذب اشعه‌های UV-A و UV-B خورشیدی را مورد بررسی قرار داده و دریافته است که لایه اوزون به طور خاص در کاهش تشعشعات زیان‌آور خورشیدی و محافظت از سطح زمین بسیار مؤثر است (رضایی و دیگران، ۱۴۰۰: ۱۵۱). در این راستا، در تحقیق دیگری که در سال ۱۳۹۷ نیز به تحلیل آسیب‌های ناشی از اشعه‌ی UV بر گیاهان و موجودات زنده پرداخته و نشان دادند که لایه اوزون از اهمیت ویژه‌ی برخوردار است و بدون آن، ایکوسیستم‌ها در معرض خطرات جدی قرار می‌گیرند (موسوی، ۱۳۹۷: ۸۲).

برخی از مطالعات نشان‌دهنده تأثیر طوفان‌های خورشیدی بر ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر زمین هستند. در سال ۱۳۹۴ به بررسی تأثیرات طوفان‌های خورشیدی بر ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر پرداخته و نشان دادند که این طوفان‌ها می‌توانند تأثیر منفی بر ساحه‌ی مقناطیسی داشته باشند و ممکن است تغییرات موقتی در اتموسفیر ایجاد کنند (حیدری و دیگران، ۱۳۹۸: ۵۲). هم‌چنان، زاهدی در سال ۱۴۰۰ به تحلیل اثرات طوفان‌های خورشیدی بر ساحه‌ی مقناطیسی و لایه اوزون پرداخته و یافته‌های آن‌ها نشان داد که طوفان‌های خورشیدی می‌توانند فشار زیادی بر ساحه‌ی مقناطیسی وارد کنند و اثربخشی آن را کاهش دهند (زاهدی، ۱۴۰۰: ۲۵). هم‌چنین، سلیمانی در سال ۱۳۹۵ در تحقیق خود نشان داده که اتموسفیر زمین توانایی محافظت از موجودات زنده در برابر تشعشعات UV خورشیدی را دارد و به طور مؤثر از سطح زمین در برابر تشعشعات مضر محافظت می‌کند. در این تحقیقات تأکید شده است که همکاری میان ساحه‌ی مقناطیسی و لایه اوزون می‌تواند بهترین نتیجه را در محافظت از زمین در برابر تشعشعات خورشیدی ارائه دهد (سلیمانی، ۱۳۹۵: ۵۳). ویلیامسون در تحقیق خود در سال ۲۰۱۲ نشان داد که ساحه‌ی مقناطیسی زمین با انحراف ذرات چارج‌دار خورشیدی از اتموسفیر، از ورود این ذرات به سطح زمین جلوگیری می‌کند و یکی از عوامل کلیدی در حفاظت از سیاره محسوب می‌شود (Williamson, 2012: 2). هم‌چنین، بوگات و دیگران در تحقیقی در سال ۲۰۱۵ به تأثیر لایه اوزون در جذب اشعه فرابنفش خورشیدی پرداختند و ثابت کردند که این لایه به ویژه قادر به جذب اشعه UV-B است، که از عوامل اصلی

آسیب‌رسان به موجودات زنده به شمار می‌آید (Bogat, 2015: 257). کرو و دیگران در تحقیق شان در سال ۲۰۱۹ به تأثیر طوفان‌های خورشیدی بر ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر زمین پرداخته و نشان دادند که طوفان‌های خورشیدی می‌توانند تأثیر منفی بر عملکرد ساحه‌ی مقناطیسی داشته باشند (Crow, 2019: 110). اسمیت و دیگران در تحقیق شان در سال ۲۰۱۶ به بررسی ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر زمین در دفع ت تشعشعات خورشیدی پرداختند و نشان دادند که ترکیب عملکرد این دو سیستم به طور مؤثری از سطح زمین محافظت می‌کند (Sith, 2016: 39). این پیشینه‌ها تأکید دارند که همکاری میان ساحه‌ی مقناطیسی زمین و لایه اوزون در کنار هم می‌تواند بهترین نتیجه را در برابر تشعشعات زیان‌آور خورشیدی ایجاد کند. از آنجا که تأثیرات تشعشعات خورشید می‌تواند به طور مستقیم بر زنده‌گی روزمره و زیرساخت‌های حیاتی زمین تأثیر بگذارد، تحقیق در این حوزه می‌تواند به اتخاذ تصمیم‌های مفید در راستای محافظت از سلامت بشری و محیط زیست کمک کند. این تحقیق در مورد میزان مؤثریت ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر زمین در دفع تشعشعات خورشیدی نه تنها از نظر علمی حائز اهمیت است، بلکه در تعیین راهکارهای مقابله با تأثیرات منفی طوفان‌های خورشیدی بر تکنالوژی‌های پیشرفته و سلامت انسان‌ها نیز ضروری است. هم‌چنین، این تحقیق به درک بهتر تعاملات پیچیده میان اتموسفیر و ساحه‌ی مقناطیسی در دفع تشعشعات مضر خورشیدی خواهد انجامید که می‌تواند به توسعه تکنالوژی پیشرفته در حوزه فضا و دفاع از زمین در برابر تهدیدات فضایی منجر گردد.

هدف این مقاله بررسی و تحلیل اثربخشی ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر زمین در محافظت از سیاره‌ی زمین در برابر تشعشعات زیان‌آور خورشیدی است. این تحقیق به منظور درک بهتر نحوه عملکرد این دو سیستم حفاظتی طبیعی و مقایسه میزان تأثیرگذاری آن‌ها در دفع انواع مختلف تشعشعات مضر خورشیدی، انجام می‌شود. از این‌رو، مقاله به تحلیل ویژه‌گی‌ها، مکانیزم‌های حفاظتی و محدودیت‌های هر یک از این سیستم‌ها پرداخته و نقش هم‌زمان آن‌ها را در حفظ تعادل محیط‌زیست و سلامت زمین بررسی نموده است. هم‌چنان ارائه دیدگاه‌های علمی برای تحقیقات آینده و بهبود درک انسان از سازوکارهای محافظتی زمین در برابر تهدیدات فضایی است.

تشعشعات خورشیدی یکی از منابع عمده نور در منظومه شمسی است که به طور مستقیم بر زمین تأثیر می‌گذارد. این تشعشعات شامل طیف وسیعی از امواج الکترومقناطیسی، مانند:

اشعه‌های فرابنفش (UV)، اشعه‌ی ایکس، گاما و هم‌چنین ذرات چارج‌دار (پروتون‌ها، الکترون‌ها) هستند. این تشعشعات می‌توانند اثرات منفی زیادی بر سطح زمین و موجودات زنده داشته باشند، از جمله آسیب به DNA موجودات زنده، تشدید بیماری‌های پوستی در انسان، و اختلال در عملکرد ایکوسیستم‌های طبیعی. این تهدیدات خورشیدی نه‌تنها برای سلامت موجودات زنده، بلکه برای فناوری‌هایی چون ماهواره‌ها، سیستم‌های ارتباطی و شبکه‌های برق نیز خطرآفرین است. به همین دلیل، حفاظت از زمین در برابر این تشعشعات یک موضوع علمی و زیست‌محیطی بسیار حیاتی است. خوش‌بختانه زمین از دو سیستم حفاظتی طبیعی ساحه‌ی مقناطیسی زمین و اتموسفیر آن بهره‌مند است که آن‌ها به دفع یا کاهش تأثیرات تشعشعات خورشیدی کمک می‌کنند. ساحه‌ی مقناطیسی زمین، که توسط حرکت هسته‌ی فلزی سیاره ایجاد می‌شود، به طور مؤثری ذرات چارج‌دار خورشیدی را منحرف کرده و از ورود آن‌ها به اتموسفیر زمین جلوگیری می‌کند. این ساحه از نوعی سپر مقناطیسی عمل کرده و از برخورد مستقیم این ذرات به سطح زمین جلوگیری می‌کند. از سوی دیگر، اتموسفیر زمین، به ویژه لایه اوزون، نقش حیاتی در جذب اشعه‌های مضر UV و متفرق کردن تشعشعات دیگر دارد. این لایه‌ها از ورود مستقیم تشعشعات خورشیدی به سطح زمین جلوگیری کرده و از آسیب‌های جدی به موجودات زنده پیش‌گیری می‌کنند.

با وجود اهمیت این دو سیستم در محافظت از زمین، هنوز هم سؤالات متعددی در مورد میزان اثربخشی هر یک از این سیستم‌ها وجود دارد. آیا ساحه‌ی مقناطیسی به تنهایی قادر است از تمامی تهدیدات خورشیدی جلوگیری کند یا نقش اتموسفیر نیز به همان اندازه حیاتی است؟ تا چه اندازه تغییرات در ساحه‌ی مقناطیسی و آسیب‌های احتمالی به لایه اوزون می‌تواند به کاهش توانایی این سیستم‌ها در محافظت از زمین منجر شود؟ علاوه بر این، شرایط مختلف فضایی و جغرافیایی، مانند شدت فعالیت‌های خورشیدی یا موقعیت جغرافیایی، چگونه بر عملکرد این سیستم‌ها تأثیر می‌گذارد؟ این تحقیق قصد دارد به این سؤالات پاسخ دهد و با استفاده از روش‌های تحلیلی و مقایسه‌ی، اثربخشی ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفیر را در دفع تشعشعات زیان‌آور خورشیدی مقایسه کند. این مطالعه می‌تواند به درک عمیق‌تر از عملیه‌های طبیعی محافظتی زمین کمک کند و راهکارهایی برای بهبود مدل‌های پیش‌بینی و حفاظت در برابر تشعشعات خورشیدی ارائه دهد.

روش تحقیق

برای بررسی اثربخشی ساحه‌ی الکترومقناطیسی و اتموسفیر زمین در دفع تشعشعات زیان‌آور خورشیدی، این تحقیق از روش تحلیلی و مقایسه‌ی بهره می‌برد. اطلاعات اساسی از منابع معتبر علمی شامل مقالات و کتاب‌های علمی تخصصی جمع‌آوری شده، این منابع شامل تحقیقات پیشین در زمینه ویژه‌گی‌های ساحه‌ی مقناطیسی زمین، ساختمان اتموسفیر و انواع تشعشعات خورشیدی هستند. پس از آن، به تحلیل مقایسه‌ی عملکرد هر یک از این سیستم‌ها پرداخته می‌شود. در این بخش، مکانیزم‌های حفاظتی هر سیستم و تأثیر آن‌ها در دفع انواع مختلف تشعشعات خورشیدی مورد بررسی قرار گرفته است. تمامی موضوعات با حفظ تمام روش‌های تحقیق و امانت داری کامل به رشته‌ی تحقیق درآمده است.

تشعشعات خورشیدی و تأثیرات آن

تشعشعات خورشیدی شامل شعاعات فرابنفش (UV)، طوفان‌های خورشیدی و تشعشعات گاما هستند که هرکدام تأثیرات زیان‌آوری بر زنده‌گی روی زمین دارند. اشعه فرابنفش، به ویژه اشعه‌های UV-B و UV-C، با انرژی بالای خود می‌توانند به پوست انسان‌ها آسیب‌های جدی برسانند، باعث سوختگی‌های شدید، پیری زودرس پوست و سرطان‌های مختلف شوند. این تشعشعات هم‌چنین به چشم‌ها آسیب می‌زنند و خطر ابتلا به بیماری‌هایی مانند: آب مروارید را افزایش می‌دهند. برای گیاهان نیز، شعاعات فرابنفش می‌توانند رشد آن‌ها را مختل کرده و تولیدات زراعتی را کاهش دهند. علاوه بر این، موجودات دریایی مانند فیتوپلانکتون‌ها که پایه‌گذار زنجیره غذایی در اقیانوس‌ها هستند، در معرض آسیب‌های ناشی از فرابنفش قرار دارند (Williamson, 2012: 6).

طوفان‌های خورشیدی که شامل ذرات چارج‌داری مانند: پروتون‌ها، الکترون‌ها و ایون‌ها است، می‌تواند تأثیرات متعددی داشته باشد. این طوفان‌ها قادرند اختلالاتی در ماهواره‌ها، سیستم‌های ارتباطی و کشتی‌رانی ایجاد کرده و باعث آسیب به زیرساخت‌های برقی شوند. علاوه بر این، طوفان‌های خورشیدی در نواحی قطبی می‌توانند شفق‌های قطبی را به وجود آورند. اگر طوفان‌های خورشیدی به شدت فعال باشند، می‌توانند شبکه‌های برق را دچار آسیب کرده و منجر به قطع گسترده برق شوند (Russell, 2017: 275).

شعاع گاما با انرژی بسیار بالا قادرند به DNA موجودات زنده آسیب بزنند و باعث جهش‌های جنیتیکی و سرطان شوند. این تشعشعات هم‌چنین می‌توانند سیستم ایمنی بدن را تضعیف کرده و تأثیرات منفی بر عملیه‌های تولید مثل داشته باشند. از سوی دیگر، اتموسفیر زمین و ساحه‌ی مقناطیسی زمین نقش حیاتی در محافظت از زمین در برابر این تشعشعات ایفا می‌کنند. ساحه‌ی مقناطیسی زمین با منحرف کردن ذرات چارج‌دار خورشیدی، از رسیدن آن‌ها به اتموسفیر و سطح زمین جلوگیری می‌کند. اتموسفیر نیز به ویژه لایه اوزون، با جذب تشعشعات UV و شعاعات گاما، از آسیب به موجودات زنده و محیط زیست جلوگیری می‌کند. اما تخریب لایه اوزون به دلیل فعالیت‌های انسانی، این حفاظت طبیعی را تهدید کرده و ممکن است در آینده اثرات منفی بیشتری بر زنده‌گی روی زمین داشته باشد. در مجموع، تشعشعات خورشیدی می‌توانند تهدیداتی جدی برای سلامت انسان، ایکوسیستم‌ها و تکنالوژی‌های بشری به همراه داشته باشند، و اهمیت حفظ لایه اوزون و مراقبت از سیستم‌های طبیعی زمین بیشتر از همیشه احساس می‌شود (موسوی و دیگران، ۱۳۹۷: ۹۵).

ماهیت اتموسفیر

ارتفاع اتموسفیر زمین از سطح زمین در حدود ۱۵۰ کیلومتر است که مرز آن به عنوان لایه /حتوا/ کننده‌ی زمین شناخته می‌شود. این لایه به عنوان مرز میان اتموسفیر زمین و فضای بیرون از اتموسفیر محسوب می‌شود. اتموسفیر زمین به پنج لایه اصلی تقسیم می‌شود: تریپوسفیر، که نزدیک‌ترین لایه به سطح زمین است و از ۸ تا ۱۵ کیلومتر ارتفاع دارد؛ استراتوسفیر، که از ۱۵ کیلومتر تا ۵۰ کیلومتر ادامه دارد و حاوی لایه اوزون است؛ مزوسفیر، که از ۵۰ کیلومتر تا ۸۰ کیلومتر امتداد می‌یابد و در آن شهاب‌ها پیش از رسیدن به سطح زمین می‌سوزند؛ ترموسفیر، که از ۸۰ کیلومتر تا ۵۰۰ کیلومتر بالا می‌رود و در آن درجه‌ی حرارت به شدت افزایش می‌یابد؛ و ایکزوسفیر، که از ۵۰۰ کیلومتر شروع شده و به تدریج به فضای بیرونی منتقل می‌شود. به طور کلی، اتموسفیر زمین به طور تدریجی به فضا ترکیب می‌شود، اما لایه بالایی آن در حدود ۱۰۰ کیلومتری از سطح زمین به عنوان مرز بین اتموسفیر و فضا شناخته می‌شود (محمودی، ۱۳۹۹: ۱۰۵).

طوری‌که قبلاً گفتیم اتموسفیر زمین از لایه‌های مختلفی تشکیل شده است که هر کدام نقشی حیاتی در حفظ تعادل محیطی و محافظت از حیات بر روی کره زمین ایفا می‌کنند. یکی از این لایه‌های اتموسفیر، استراتوسفیر است که بلافاصله پس از تروپوسفیر و در ارتفاعات بالاتر از ده

کیلومتر قرار دارد. این لایه به دلیل وجود لایه اوزون در خود، یکی از مهم‌ترین اجزای اتموسفیر به شمار می‌رود. در استراتوسفیر، برخلاف تروپوسفیر که درجه حرارت با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد، درجه حرارت با افزایش ارتفاع به دلیل جذب تشعشعات فرابنفش خورشید توسط مالیکول‌های اوزون و اوکسیجن افزایش می‌یابد. این ویژگی استراتوسفیر باعث می‌شود که به عنوان یک سپر محافظ در برابر تشعشعات مضر خورشیدی عمل کند، به ویژه تشعشعات فرابنفش که می‌توانند خطرات جبران‌ناپذیری برای موجودات زنده ایجاد کنند (یوسفی، ۱۳۹۶: ۳۴).

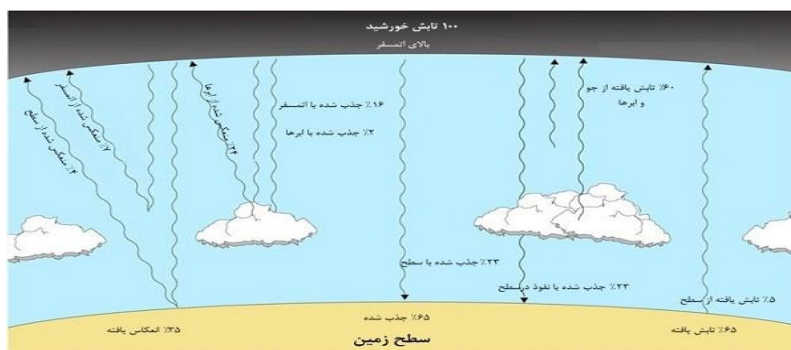
لایه اوزون نقش اصلی در جذب و فیلتر کردن اشعه‌های UV-B و UV-C دارد و به این ترتیب از سوختگی‌های شدید پوست، سرطان‌ها، آسیب به چشم‌ها و دیگر اختلالات زیست‌محیطی جلوگیری می‌کند. این لایه، همان‌طور که از نامش پیدا است، از مالیکول‌های اوزون (O_3) تشکیل شده و ضخامت آن در نقاط مختلف اتموسفیر متفاوت است. با این حال، لایه اوزون به دلیل فعالیت‌های انسانی مانند استفاده از گازهای مضر CFC، تحت تأثیر قرار گرفته و تخریب می‌شود، که این امر منجر به افزایش تشعشعات UV به سطح زمین و تهدید جدی برای سلامت انسان‌ها و ایکوسیستم‌ها خواهد شد. کاهش ضخامت لایه اوزون هم‌چنین می‌تواند به تغییرات شدید در الگوهای آب و هوا و کاهش تنوع زیستی منجر شود (موسوی و دیگران، ۱۳۹۷: ۹۵).

چگونگی جذب و تفرق تشعشعات خورشیدی توسط اتموسفیر

اتموسفیر زمین به عنوان یک سپر محافظ عمل می‌کند و بخش زیادی از تشعشعات خورشیدی را جذب یا متفرق می‌کند. این عملیه از رسیدن تشعشعات مضر خورشیدی به سطح زمین جلوگیری می‌کنند. لایه‌ی اوزون در استراتوسفیر، به عنوان یکی از مهم‌ترین لایه‌های اتموسفیر، بیشتر تشعشعات فرابنفش خورشید را جذب می‌کند. این تشعشعات به ویژه اشعه‌های UV-B و UV-C که برای موجودات زنده بسیار خطرناک هستند، توسط اوزون جذب و از رسیدن به سطح زمین جلوگیری می‌شود. علاوه بر این، گازهای موجود در اتموسفیر مانند کاربن دای‌اکساید و میتان برخی از تشعشعات ماتحت‌قرمز و فرابنفش را جذب کرده و باعث ایجاد حرارت در اتموسفیر می‌شوند (یوسفی، ۱۳۹۶: ۲۷).

متفرق شدن تشعشعات در اتموسفیر نیز یکی دیگر از عملیه‌های مهم است. هنگامی که تشعشعات خورشیدی به اتموسفیر برخورد می‌کنند، مالیکول‌های اوکسیجن و نایتروجن در اتموسفیر باعث تفرق نور می‌شوند که این پدیده بیشتر در طیف مرئی تشعشعات رخ می‌دهد. تفرق

بیشتر نور آبی باعث می‌شود آسمان در طول روز به رنگ آبی درآید. تشعشعات مادون قرمز و فرابنفش نیز در این پروسه‌ها دخیل هستند و توسط ذرات موجود در اتموسفیر یا لایه اوزون متفرق یا جذب می‌شوند. علاوه بر این، ذرات معلق مانند: گرد و غبار و قطرات آب در ابرها نیز تشعشعات را متفرق کرده و در شکل‌گیری پدیده‌هایی مانند آسمان‌های رنگی در هنگام طلوع یا غروب خورشید تأثیر دارند. عملیه‌ی جذب و انعکاس این تشعشعات در شکل ذیل به صورت واضح نشان داده شده است.



شکل (۱). چگونگی جذب و انعکاس تشعشعات خورشیدی توسط اتموسفیر زمین (یوسفی، ۱۳۹۶: ۳۱).

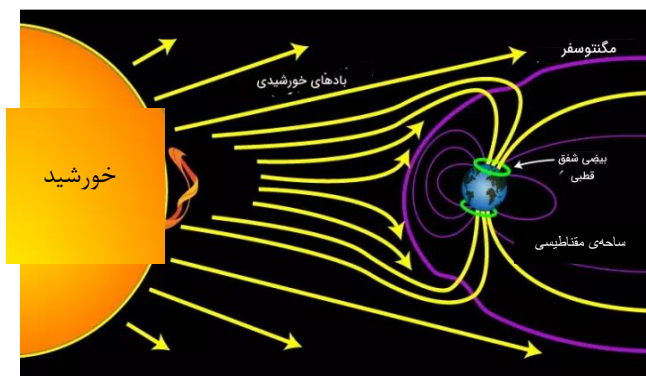
طوری که در شکل فوق نشان داده شده است انعکاس تشعشعات خورشیدی یکی دیگر از عملیه-هایی است که به کاهش میزان انرژی دریافتی سطح زمین کمک می‌کند. در مناطق برفی و یخی، به ویژه در نواحی قطبی، تشعشعات به شدت منعکس می‌شوند و به اتموسفیر باز می‌گردند. این تشعشعات باعث می‌شوند که انرژی کمتری به سطح زمین برسد و درجه حرارتی که زمین به میزان کنترل‌شده‌تری حفظ شود. به طور کلی، عملیه‌های جذب، تفرق و انعکاس تشعشعات خورشیدی توسط اتموسفیر زمین تأثیر زیادی در حفظ تعادل حرارتی، آب و هوا و محیط زیست دارند. اما هرگونه تغییر در این جریان، مانند تخریب لایه اوزون یا افزایش آلوده‌گی، می‌تواند به مشکلات اقلیمی و تهدیدات محیط زیست منجر شود (محمودی، ۱۳۹۹: ۱۰۳).

ساحه‌ی مقناطیسی زمین

ساحه‌ی مقناطیسی زمین یا مگنتوسفیر به منطقه‌ی اطلاق می‌شود که اطراف کره‌ی زمین ایجاد می‌شود یک منطقه‌ی فیزیکی است که از قطب‌های شمال و جنوب مقناطیسی زمین منشاء گرفته و

خطوط مقناطیسی اطراف آن را تشکیل داده است. این ساحه‌ی در واقع یک سپر محافظ برای زمین در برابر تأثیرات مستقیم تشعشعات خورشیدی، ذرات چارج‌دار و بادهای خورشیدی است. مگنتوسفر در اثر حرکت مایعات در هسته خارجی زمین که از آهن و نیکل تشکیل شده است، ایجاد شده، این حرکات موجب تولید جریان‌های برقی و در نهایت ایجاد ساحه‌ی مقناطیسی می‌شود.

ساحه‌ی مقناطیسی زمین به ویژه در مناطق نزدیک به قطب‌های مقناطیسی زمین، جایی که خطوط ساحه‌ی مقناطیسی عمودی‌تر هستند، تأثیر بیشتری دارد. در این نواحی، ذرات خورشیدی وارد جو زمین می‌شوند و در ایجاد شفق قطبی نقش دارند. ساحه‌ی مقناطیسی زمین هم‌چنین در برابر طوفان‌های خورشیدی که می‌توانند تأثیرات شدیدی بر تکنالوژی‌های فضایی و سیستم‌های ارتباطی زمین داشته باشند، عملکرد حفاظتی دارد. مقدار ساحه‌ی مقناطیسی زمین در سطح زمین تقریباً $65\mu T$ تا 25 بوده که، این مقدار در نواحی مختلف زمین متفاوت است؛ برای مثال: در نزدیکی قطب‌های مقناطیسی زمین، شدت ساحه بیشتر است و در نزدیک استوا کمتر می‌شود (Krupp, 2019: 114). در رابطه با ارتفاع ساحه‌ی مقناطیسی، این ساحه به طور کلی تا فاصله‌های بسیار دور از سطح زمین ادامه می‌یابد. ساحه‌ی مقناطیسی زمین در حدود $10,000$ کیلومتر از سطح زمین تا جایی که به منطقه حباب مقناطیسی یا شیلد مقناطیسی می‌رسد، امتداد دارد. این حباب به طور کلی از ورود ذرات چارج‌دار خورشیدی به جو زمین جلوگیری می‌کند و از سیاره ما در برابر طوفان‌های خورشیدی و تشعشعات مضر محافظت می‌کند (Russell, 2017: 279). نکته مهم این است که ساحه‌ی مقناطیسی زمین تا فواصل زیاد در فضا کشیده می‌شود و با تغییرات فضا و شرایط خورشیدی می‌تواند تغییر کند. برای مثال: در صورت وقوع طوفان‌های خورشیدی شدید، ساحه‌ی مقناطیسی زمین تحت تأثیر قرار می‌گیرد و ممکن است تغییرات موقتی در شدت و به طور مداوم از سطح زمین تا فاصله‌ی حدود $60,000$ از سطح زمین کشیده شده و در تعامل با ذرات چارج‌دار موجود در طوفان‌های خورشیدی قرار می‌گیرد. یکی از ویژه‌گی‌های مهم مگنتوسفر این است که بیشتر ذرات چارج‌دار و تشعشعات خورشیدی را منحرف می‌کند یا آن‌ها را به دور از سطح زمین هدایت می‌کند، که به این ترتیب از تأثیرات مضر این تشعشعات بر روی موجودات زنده و فناوری‌های انسانی جلوگیری می‌شود.



شکل (۲). عملکرد ساحه‌ی مقناطیسی زمین در مقابل

تشعشعات خورشیدی (رضایی و دیگران، ۱۴۰۰: ۱۵۳).

ساحه‌ی مقناطیسی و اتموسفر زمین هر دو نقش حیاتی در محافظت از سیاره دارند، اما ساحه‌ی مقناطیسی در دفع تشعشعات خورشیدی مضر از جمله ذرات چارج‌دار خورشیدی و طوفان‌های خورشیدی مؤثرتر است. این ساحه‌ی به طور مؤثری ذرات چارج‌دار را از جو زمین منحرف می‌کند و از آسیب‌های جدی به موجودات زنده و سیستم‌های فضایی جلوگیری می‌کند. در حالی که اتموسفر، به ویژه لایه اوزون، در جذب تشعشعات فرابنفش خورشیدی (UV) که به سلامت موجودات زنده آسیب می‌زند، بسیار مؤثر است. بنابراین، از نظر حفاظت در برابر تشعشعات مضر خورشیدی، ساحه‌ی مقناطیسی نقش برجسته‌تری در مقابله با ذرات چارج‌دار خورشیدی ایفا می‌کند، در حالی که اتموسفر بیشتر در دفع تشعشعات UV از سطح زمین مؤثر است. در نتیجه، هر دو سیستم با هم مکمل یکدیگر عمل کرده و به محافظت از کره زمین در برابر تهدیدات مختلف خورشیدی کمک می‌کنند (حیدری و دیگران، ۱۳۹۸: ۵۸).

نتیجه‌گیری

تحقیق در خصوص تأثیر ساحه‌ی مقناطیسی زمین و اتموسفر آن در دفع تشعشعات مضر خورشیدی، یک موضوع پیچیده و چندبعدی است که از نظر علمی و تجربی، نظرات متفاوتی را به همراه داشته است. طرفداران این نظریه معتقدند که ساحه‌ی مقناطیسی زمین و اتموسفر آن، به ویژه لایه اوزون، نقش حیاتی در حفاظت از زمین در برابر تشعشعات مضر خورشیدی ایفا می‌کنند و این سیستم‌های طبیعی به طور مؤثری می‌توانند از آسیب‌های این تشعشعات جلوگیری کنند. اما مخالفان این دیدگاه بر این باورند که به رغم وجود این سیستم‌های حفاظتی، اثرات تشعشعات

خورشیدی در دوره‌های طوفان‌های خورشیدی و فعالیت شدید خورشید هم‌چنان می‌تواند بر تکنالوژی‌ها و حتی بر سلامت انسان‌ها تهدیدآمیز باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که، مؤثریت ساحه‌ی مقناطیسی زمین و اتموسفیر آن استدلال می‌کنند که مگنتوسفیر (ساحه‌ی مقناطیسی زمین) به عنوان یک سپر محافظ عمل کرده و ذرات پرانرژی خورشیدی را منحرف می‌کند. این ساحه به ویژه ذرات چارج‌دار ناشی از فوران‌های خورشیدی را به سمت قطب‌های مقناطیسی هدایت می‌کند و از نفوذ این ذرات به اتموسفیر و سطح زمین جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، اتموسفیر زمین و لایه اوزون که به طور عمده اشعه فرابنفش خورشید را جذب می‌کند، به عنوان یک سد محافظتی مهم برای موجودات زنده عمل می‌کنند. در واقع، این سیستم‌های طبیعی به طور مؤثر از سطح زمین در برابر تشعشعات خطرناک مانند: اشعه‌ی فرابنفش، شعاع گاما و ذرات چارج‌دار خورشیدی محافظت می‌کنند. با این حال، بعضی نظریات دیگر در این مورد بیان می‌کند که، این نظریه معتقد اند که مؤثریت این سیستم‌های حفاظتی تحت تأثیر تغییرات مختلف قرار دارد. کاهش لایه اوزون که به ویژه به دلیل استفاده از مواد کیمیاوی مانند CFC ها در دهه‌های گذشته رخ داده، یکی از نقاط ضعف عمده است. این آسیب به لایه اوزون موجب می‌شود که تشعشعات فرابنفش خورشید به طور بیشتری به سطح زمین برسند و این امر می‌تواند خطرات جدی برای سلامت انسان‌ها، مانند سرطان پوست و آسیب به سیستم ایمنی بدن، ایجاد کند. علاوه بر این، در دوران‌های فعال‌تر خورشیدی، مانند طوفان‌های خورشیدی شدید، شدت تشعشعات خورشیدی می‌تواند به حدی باشد که حتی سیستم‌های حفاظتی موجود نیز نتوانند به طور کامل از زمین محافظت کنند.

در پاسخ به سوالات طرح شده در این تحقیق، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که، تأثیرات بادهای خورشیدی و طوفان‌های جیومقناطیسی می‌تواند بر قدرت ساحه‌ی مقناطیسی زمین تأثیر بگذارد. طوفان‌های خورشیدی شدید می‌توانند مگنتوسفیر را تحت فشار قرار دهند و در نتیجه این ذرات چارج‌دار به اتموسفیر زمین وارد گردیده؛ اما یک قسمت آن توسط اتموسفیر زمین دوباره منعکس می‌شود. این طوفان‌ها می‌توانند حتی باعث اختلالات شدید در شبکه‌های برق و ارتباطات ماهواره‌یی شوند و آسیب‌های گسترده‌ی به تکنالوژی‌ها و سیستم‌های وابسته به آن‌ها وارد کنند.

منابع

حیدری، علی، و دیگران. (۱۳۹۸). بررسی تأثیرات طوفان‌های خورشیدی بر ساحه‌ی مقناطیسی

زمین و اثرات آن بر موجودات زنده. مجله علوم فضایی، شماره ۲۴.

- رضایی، حسن، و دیگران. (۱۴۰۰). تحلیل اثرات تغییرات در ساحه‌ی مقناطیسی زمین و جو در مقابل تشعشعات خورشیدی. *مجله زمین‌شناسی و فیزیک جو*، شماره ۱۵.
- زاهدی، علی. (۱۴۰۰). تحلیل اثرات طوفان‌های خورشیدی بر ساحه‌ی مقناطیسی و لایه اوزون. *مجله سیویلیکا*. شماره ۱۲.
- سلیمانی، ناصر. (۱۳۹۵). بررسی توانایی اتموسفیر زمین در محافظت از موجودات زنده در برابر تشعشعات UV خورشیدی. *مجله سیویلیکا*، شماره ۸.
- کریمی، مرتضی، و دیگران. (۱۳۹۵). تأثیر ساحه‌ی مقناطیسی زمین بر کاهش اثرات تشعشعات خورشیدی. *مجله سیویلیکا*، شماره ۷.
- محمودی، سعید. (۱۳۹۹). شبیه‌سازی اثرات تشعشعات خورشیدی بر سیستم‌های اتموسفیری و مقناطیسی زمین. *کنفرانس بین‌المللی علوم فضا و فیزیک جو*، شماره ۲.
- موسوی، مجید. (۱۳۹۷). تحلیل آسیب‌های ناشی از تشعشعات UV بر گیاهان و موجودات زنده. *کنفرانس بین‌المللی علوم فضا و فیزیک جو*، شماره ۵.
- یوسفی، مهدی. (۱۳۹۶). شبیه‌سازی ساحه‌ی مقناطیسی زمین و تأثیر تغییرات آن بر میزان حفاظت از تشعشعات خورشیدی. *کنفرانس بین‌المللی علوم فضا و فیزیک جو*، شماره ۹.
- Bogat, S., et al. (2015). The effect of the ozone layer on solar UV radiation absorption. *Geophysical Research Letters*, V42, N (7).
- Russell, J., et al. (2017). Modeling the effect of changes in the Earth's magnetic field on solar radiation protection. *Nature Geoscience*, V10, N (5).
- Smith, R., et al. (2016). Simultaneous investigation of Earth's magnetic field and atmosphere in deflecting solar radiation. *Atmospheric Chemistry and Physics*, V16, N (8).
- Williamson, J., et al. (2012). The role of Earth's magnetic field in preventing solar charged particles from reaching the Earth's surface. *Journal of Space Weather and Space Climate*, V2, N (4).
- Crow, Nicholas, et al. (2019). The impact of solar storms on Earth's magnetic field and atmosphere. *Space Weather*, V17, N (2).
- Williamson, Jack, et al. (2012). The role of Earth's magnetic field in preventing the entry of charged solar particles to Earth's surface. *Journal of Space Weather and Space Clim*