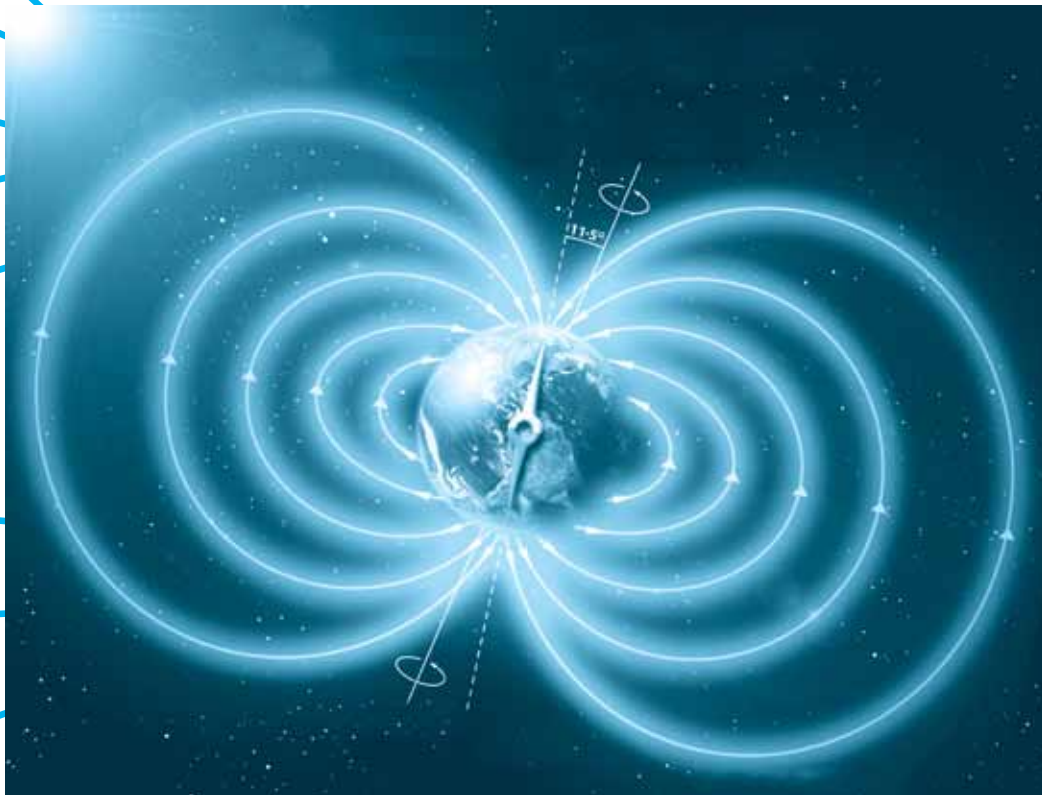


ماگنتوسفر

و کمربندهای تشعشعی زمین

فاطمه دوامی، دبیر آموزش و پرورش منطقه کهریزک



اشاره

در کتاب زمین‌شناسی سوم تجربی، مطالبی به اختصار در مورد ماگنتوسفر (مغناط کره) آورده شده است. مطالب زیر تکمیل‌کننده مطالب کتاب است.

چکیده

زمین همانند آهن ربایی قوی در اطراف خود یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. شعاع عمل این میدان، محدود به هواکره نیست و تا فواصل دورتر گسترش دارد. این میدان مغناطیسی به نام کاشف آن «کمربند وان آلن» نامیده می‌شود. این کمربند که از سه لایه تشکیل شده است، زمین را در برابر ذرات باردار خطرناکی که از سایر نقاط فضا به سمت زمین می‌آیند، محافظت می‌کند. شکل میدان مغناطیسی زمین نامتقارن است و علت آن بادهای خورشیدی هستند که از سمت خورشید به میدان مغناطیسی می‌وزند. تغییر در باد خورشیدی آثار نامطلوبی بر میدان مغناطیسی و در نتیجه ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی دارد.

کلیدواژه‌ها: ماگنتوسفر، میدان مغناطیسی، اشعه کیهانی، مغناط کره، کمربند تشعشعی، الکترومغناطیس، بادهای

خورشیدی

اولین آن‌ها یعنی نزدیک‌ترین
کمربند به زمین دارای پروتون‌های
مثبت حامل انرژی بسیار زیاد است

أَلَمْ تَرَوْا كَيْفَ خَلَقَ اللَّهُ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا - وَجَعَلَ الْقَمَرَ فِيهِنَّ نُورًا وَ
جَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا (نوح: ۱۵-۱۶).
آیا نمی‌بینید خدا چگونه هفت (لایه) جو را روی همدیگر آفرید و ماه را
در آن‌ها نور و روشنایی قرار داد و خورشید را چراغی روشن‌گر.

وَ جَعَلْنَا السَّمَاءَ سَقْفًا مَحْفُوظًا (انبیاء: ۳۲).
و جو را سقفی حفظ‌کننده قرار دادیم.

همچنین خداوند در قرآن کریم در بحث خلقت آسمان‌ها و زمین از ستون‌های نامرئی نام برده است. یکی از این لایه‌های حفاظت‌کننده زمین و ستون‌های نامرئی، ماگنتوسفر^۲ یا مغناط‌کره است. طبق تعریفی که در فرهنگ بزرگ گیتاشناسی آورده شده، «مغناط‌کره، بیرونی‌ترین بخش یا لایه جو زمین است که از ۲۰۰۰ کیلومتری زمین به بالا در درون کمربندهای تشعشعی وان آلن قرار دارد. این کمربند مانند سپری در مقابل ذرات باردار خطرناک عمل می‌کند». در این مقاله بر آن شدیم که توضیحاتی درباره نحوه پی بردن به این کمربند تشعشعی، موقعیت آن در فضا، ساختار و نقش حفاظتی تشعشعات الکترومغناطیسی این لایه از جو پردازیم و خداوند را به خاطر همه آنچه آفریده و مستخر انسان گردانیده است، شاکر باشیم.

شکل میدان
مغناطیسی

زمین نامتقارن
است و علت

آن بادهای

خورشیدی

هستند که از

سمت خورشید

به میدان

مغناطیسی

می‌وزند.

نحوه پی بردن به وجود کمربند
تشعشعی

پس از کشف اشعه کیهانی (جریان‌های ذره‌ای وارد شده به میدان مغناطیسی زمین از فضا)، پیشرفت در این شاخه جدید فیزیک، تقریباً به ارتفاعی بستگی داشت که دانشمندان، دستگاه‌های پیچیده و شمارنده‌های خود را در آن ارتفاع به نمایش می‌گذاشتند. در این حال از رصدخانه‌های کوهستان‌های بلند، آزمایشگاه‌ها، بالون، آزمایش‌ها و غیره

۱۶ سوره نوح، جو هفت لایه است که روی همدیگر آفریده شده‌اند. در آیه ۳۲ سوره انبیاء نیز، آسمان یا جو را سقف حفظ‌کننده نامیده است.

مقدمه

خداوند متعال در قرآن کریم در آیات مختلف به خلقت آسمان و زمین اشاره فرموده است. طبق آیات ۱۵ و

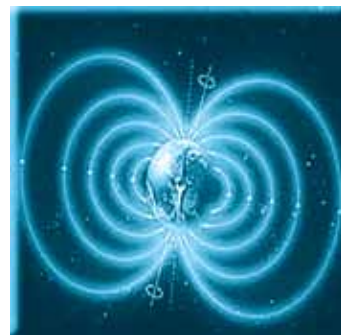
دوره هجدهم
شماره ۴ تابستان ۱۳۹۲

۲۹
آموزش
زین‌شناسی

**ژئوفیزیک دانان
با مطالعه اساسی
این لایه‌ها، حد
بالای آن را که
حدود ده برابر
شعاع زمین و در
جهت خورشید
است، مغناطیس
سکون می‌نامند**

استفاده می‌شده است. بنابراین حتی بالاترین ارتفاع حاصل (بیست تا هشتاد کیلومتر) برای حمل دستگاه‌ها به آن سوی لایه‌های نسبتاً متراکم جو کافی نبود و این مسئله تفکیک اشعه کیهانی اولیه (مهم‌ترین جزء جریان‌های ذره‌ای) را از کل جریان‌های ذره‌ای ثبت‌شده، مشکل می‌ساخت.

این پدیده در حین پرواز اقمار مصنوعی روسی و آمریکایی آشکار شد و برای مدت‌ها دانشمندان از اختلاف شدید در اطلاعات به‌دست آمده شگفت‌زده و سردرگم بودند. بنابراین، به زودی این معما تفسیر شد. یک دانشمند روسی، ورنوآ و تقریباً به‌طور هم‌زمان فیزیکدان آمریکایی، وان آلن، ثابت کردند که سطح زمین در سطح استوا با دو کمربند (و مطابق با اطلاعات جدیدتر حتی سه کمربند) نسبتاً مجزا به نام ماگنتوسفرها احاطه شده است. این کمربند به نام کاشف آن جیمز وان آلن نام‌گذاری شده است. کمربند وان آلن: محدوده‌هایی از میدان مغناطیسی زمین، که تشعشعات کیهانی را درون خویش محبوس می‌سازد و از برخورد آن‌ها به سطح زمین جلوگیری می‌کند. این محدوده از ارتفاع حدود هشتصد کیلومتری زمین شروع شده و تا ده‌ها هزار کیلومتر داخل فضا گسترش یافته است.



کمربند وان آلن، دو شکل چنبره‌ای است که با ذرات باردار پرنرژی بیشتر از پروتون‌ها و الکترون‌های پرنرژی احاطه شده است.

کمربند درونی در فاصله ۳۲۰۰

کیلومتری و کمربند بیرونی در فاصله ۱۶۰۰۰ کیلومتری زمین قرار دارد.

این کمربندها با ذرات باردار، بارها، انرژی‌ها و جرم‌های مختلف اشغال شده‌اند. غلظت ذرات در هر یک از این کمربندها از مرزی به مرز دیگر تفاوت دارد. فضای اطراف قطب‌ها عملاً عاری از ذرات باردار است.

پس از اولین پرتاب موشک و پرواز اقمار مصنوعی، به کمک اطلاعات به‌دست آمده، معلوم شد که ذرات باردار به‌وسیله میدان‌های مغناطیسی زمین جذب شده‌اند.

هر ذره بارداری که یک‌مرتبه وارد میدان مغناطیسی زمین شود، حول خطوط نیرو پیچ می‌خورد و پیوسته در طول آن‌ها حرکت می‌کند.

میزان پیچش مارپیچ‌های اولیه بستگی به سرعت اولیه جرم و بار الکتریکی آن‌ها دارد. علاوه بر آن، به شدت میدان مغناطیسی زمین در ناحیه‌ای از دایره فضایی که ذرات وارد آن شده و تغییر جهت داده‌اند، بستگی دارد، زیرا میدان مغناطیسی زمین در نواحی مختلف آن یکسان نیست. نزدیک قطب متراکم‌تر (غلیظ‌تر) می‌شود.

ذره بارداری که در طول خط مغناطیسی به‌صورت مارپیچ حرکت می‌کند، از ناحیه نزدیک به استوا حرکت می‌کند و چون به یکی از دو قطب می‌رسد، با مقاومت در حال افزایشی مواجه و متوقف می‌شود. سپس به طرف استوا برمی‌گردد و بیشتر به طرف قطب مخالف، یعنی در



جهت عکس شروع به حرکت می‌کند. بدین ترتیب ذره در چیزی به نام تله بزرگ مغناطیسی سرگردان می‌شود.

موقعیت فضایی

اولین کمربند از ارتفاعی قریب ۵۰۰ کیلومتر بالای نیمکره غربی و ۱۵۰۰ کیلومتر بالای نیمکره شرقی زمین شروع می‌شود. بالاترین غلظت ذرات در این کمربند (هسته‌اش) در ارتفاع دو تا سه هزار کیلومتری زمین قرار دارد. مرز فوقانی این کمربند به ارتفاع سه تا چهار هزار کیلومتری سطح زمین می‌رسد.

دومین کمربند از ده تا یازده هزار کیلومتری زمین شروع می‌شود و تا ارتفاع چهار تا شصت هزار کیلومتری ادامه دارد و در ارتفاع بیست هزار کیلومتری دارای بیشترین غلظت است. کمربند خارجی‌تر (سومین کمربند) از ارتفاع ۶۰ تا ۷۵ هزار کیلومتری شروع می‌شود.

مرز کمربندهای مذکور تاکنون فقط به‌طور تقریبی تعیین شده‌اند و در محدوده معینی به‌طور تناوبی تغییر می‌کنند. دانشمندان درباره نظم و ترتیب این تغییرات در حال تحقیق هستند.

منشأ پیدایش

طبیعی است سؤال شود که این ذرات تشکیل‌دهنده کمربندهای تشعشعی از کجا آمده‌اند؟ آن‌ها از اعماق خورشید پرت شده‌اند. زمین علی‌رغم فاصله‌اش با خورشید، دقیقاً در خارجی‌ترین منطقه اتمسفر آن قرار دارد، زیرا هر زمان که فعالیت خورشیدی زیاد می‌شود و به تعداد ذرات منتشر شده از خورشید و نیز انرژی آن‌ها افزوده می‌شود، تعداد الکترون‌ها در کمربند تشعشعی دوم نیز افزایش می‌یابد و کمربند به طرف زمین فشرده‌تر می‌شود، درست مثل این‌که تحت فشار این ذرات، کمربند

پیچ خورده است.

دلیل دیگر آن است که ذرات در تله مغناطیسی زمین گیر می‌کنند. انرژی این دسته از ذرات برای گذشتن از کمربند غیرکافی بوده است؛ ذراتی که در اثر برخورد اشعه کیهانی اولیه پراثری با اتم‌های بیرونی تر و بی‌نهایت رقیق شده لایه‌های جو به وجود می‌آیند و در این تله بزرگ قرار می‌گیرند.

ساختار کمربندها

با روانه ساختن سیستماتیک اقماری که وسایلی برای کشف ذرات پراثری در ارتفاعات معین با خود حمل می‌کنند، کمربندهای مذکور در حال مطالعه و بررسی هستند. ماهیت هر یک از این کمربندها نسبت به دیگری متفاوت است.

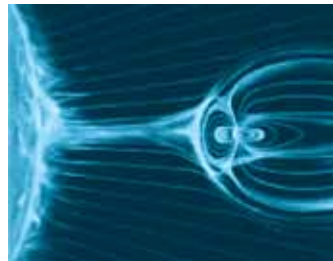
اولین آن‌ها یعنی نزدیک‌ترین کمربند به زمین دارای پروتون‌های مثبت حامل انرژی بسیار زیاد است [بالغ بر صدمگا الکترون ولت (MeV)]. فقط متراکم‌ترین قسمت میدان مغناطیسی زمین آن‌ها را جذب و نگه می‌دارد.

دومین کمربند محتوای الکترون‌های با انرژی سی تا صدکیلو الکترون ولت (KeV) است.

کمربند سوم که میدان مغناطیسی زمین در آن ضعیف‌تر است، محتوی ذراتی با انرژی دویست الکترون ولت (eV) یا بیشتر است.

از آنجا که اشعه معمولی که در صنعت داروسازی به کار می‌روند محتوی انرژی سی تا چهل کیلو الکترون ولت هستند، یا هنگامی که دستگاه‌های قوی برای تابش به قطعات بزرگ و توده‌های فلزی، ذرات اتمی را از 200 MeV تا 2 MeV سرعت می‌دهند، خطر بزرگ این کمربندها (مخصوصاً اول و دوم) برای انسان و جانوران و مسافرانی که در آینده به دیگر سیارات مسافرت می‌کنند، به سهولت حس می‌شود. به همین

دلیل، دانشمندان با کوشش و زحمت هرچه تمام‌تر، سعی در تعیین تمرکز دقیق و شکل این کمربندها و کیفیت پخش ذرات آن‌ها دارند. تاکنون فقط یک چیز معلوم شده است و آن اینکه نواحی نزدیک به قطب‌های مغناطیسی زمین از ذرات پراثری آزادند و می‌توان از آن‌ها به‌عنوان دالان‌های هدایت‌کننده کشتی‌های فضایی حامل سرنشین به‌سوی دنیا‌های دیگر استفاده کرد.



نقش کمربندهای تشعشی

لایه‌های جو بیشتر از آنچه تصور می‌شد، تقریباً تا مسافت 150 کیلومتری از سطح زمین توسعه یافته‌اند. ما حتی تجسم نکرده‌ایم که جو شفاف و تقریباً غیرمحسوس و نیز میدان مغناطیسی کاملاً غیرقابل رؤیت و غیرمحسوس سیار، همان سایبان‌های قابل اطمینان برای بشر و به‌طور کلی موجودات زنده‌اند.

تصور کنیم اگر زمین به‌طور کامل از تمام انواع تشعشعات کیهانی حفظ نمی‌شد، زندگی از روی زمین برداشته شده بود.

بشری که در حال پرواز به فضا‌های خارجی‌تر است، به‌طور اتوماتیک از سایبان‌های نجات‌دهنده خویشتن (اتم‌سفر زمین و میدان مغناطیسی آن) محروم می‌شود و در نتیجه به‌طور ناگهانی تحت تأثیر تمام انواع تشعشعات قرار می‌گیرد. کمربندهای تشعشی زمین به‌علت غلظت و انرژی زیاد الکترون‌هایی که در آن به دام افتاده‌اند، بسیار خطرناک‌اند. تمام الکترون‌های با انرژی بالای KeV

۱۰ به

دیواره‌ها

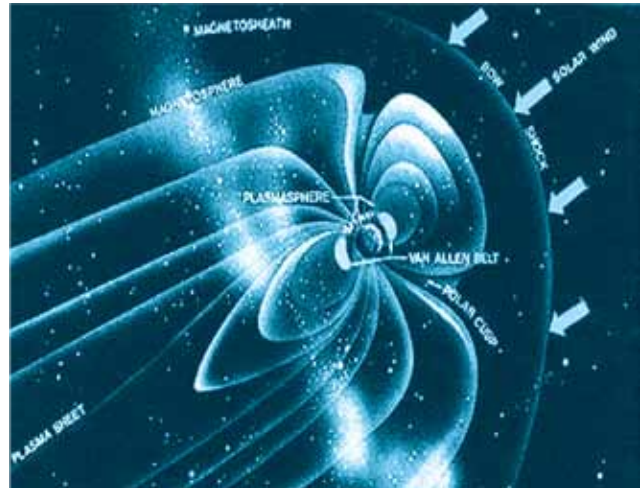
و هر ماده فلزی

سفینه فضایی ضربه

می‌زند و باعث تشعشع ناشی از توقف می‌شوند و اشعه حاصل شبیه به ذرات، ماده سلول‌ها و بدن انسان را یونیزه می‌کنند و سبب هلاک وی می‌شوند.

ساده‌ترین روش برای حفظ سرنشینان سفینه از تشعشعات مذکور، افزایش ضخامت دیواره‌های سفینه و احاطه کردن آن، مثلاً با یک لایه ضخیم سرب است و این به‌طور اجتناب‌ناپذیری کشتی فضایی را سنگین خواهد کرد. به تناسب فشار خارجی، دانشمندان کوشش می‌کنند این اشکال را با قرار دادن یک میدان مصنوعی مغناطیسی یا الکتریکی در اطراف سفینه فضایی برطرف کنند (شبیه به زمین). این میدان آن‌قدر قوی است که تمام ذرات مهاجم را دفع می‌کند.

در عین حال دانشمندان در حال تحقیق روی روش‌های دیگر حفاظت‌اند؛ برای مثال داروهایی که آثار مضر تشعشع را، روی سلول‌های ارگانسیم محو کنند و یا به تندی کاهش دهند. بعضی دانشمندان معتقدند که اگر سرنشینان سفینه را در خواب هیپنوتیک فرو برند یا به حالت آنابوز سرد کنند، در آن حال تمامی عوارض حیاتی بدن به مقدار زیادی کند می‌شوند و در نتیجه مقدار



باد خورشیدی

اصطلاحی

برای ذرات

تشعشع یافته

نظیر بادهایی

با دمای حدود

صدهزار درجه

کلوین است.

باد خورشیدی

پدیده

پیچیده‌ای است

که سرعت

و چگالی آن

تغییر می‌کند.

متغیر بودن

پلاسمای بادی

به فعالیت

خورشید

بستگی دارد

اکسیژن مصرفی کاهش می‌یابد و ضرر تحمیلی حاصل از تشعشعات یونیزه‌کننده بر سلول‌ها کم می‌شود.

چرا شکل میدان مغناطیسی زمین نامتقارن است؟

می‌دانیم زمین ما دارای میدان مغناطیسی است که می‌تواند بر یون‌ها و به‌طور خلاصه پلاسمای^۴ فضای اطرافش اثر بگذارد. بر طبق نظرات دینامو، میدان مغناطیسی زمین از القای مغناطیسی حاصل از حرکات ذرات داخل پلاسمای فضا به درون زمین متأثر می‌شود. به‌هر حال به‌طور نظری، باید میدان مغناطیسی به شکل متقارن باشد، ولی فشار باد خورشیدی^۵، میدان ژئومغناطیسی زمین را به‌صورت ستارگان دنباله‌دار یا دکلی شکل درمی‌آورد.

ژئوفیزیک‌دانان با مطالعه^۶ اساسی این لایه‌ها، حد بالای آن را که حدود ده برابر شعاع زمین و در جهت خورشید است، مغناطیس سکون می‌نامند. خارج از مغناطیس سکون، ناحیه^۷ متلاطمی است که غلاف مغناطیس نام دارد و آن باد خورشیدی در نتیجه^۸ فشار ماگنتوسفر، جهت و سرعت خود را تغییر می‌دهد. خورشید منظومه^۹ شمسی، منبع نیرومندی از جریان مداوم پلاسمای به‌صورت باد خورشیدی است. باد خورشیدی اصطلاحی برای

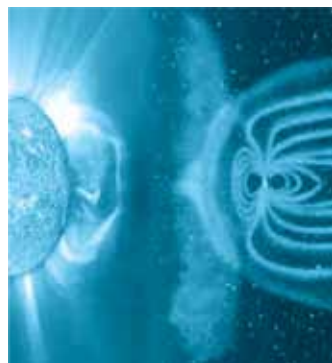
ذرات تشعشع یافته نظیر بادهایی با دمای حدود صدهزار درجه^{۱۰} کلوین است. باد خورشیدی پدیده^{۱۱} پیچیده‌ای است که سرعت و چگالی آن تغییر می‌کند. متغیر بودن پلاسمای بادی به فعالیت خورشید بستگی دارد. گفتنی است که به‌دلیل صد برابر بودن انرژی جنبشی پلاسمای نسبت به انرژی مغناطیسی‌اش، به آن «باد مغناطیسی» گفته‌اند.

ذراتی که از خورشید جدا می‌شوند و به‌صورت باد یا جریانی از ذرات به فضای بین سیاره‌ای فرار می‌کنند، از الکترون، پروتون، ذره^{۱۲} آلفا و مقداری عناصر، سنگین‌ترند. سرعت این باد بین دویست تا نهصد کیلومتر در ثانیه است و ذراتی که باد خورشیدی آن‌ها را حمل می‌کند، بعد از چهار تا پنج روز به زمین می‌رسند.

این ذرات در دمای زیاد تاج خورشید به‌تدریج بر سرعتشان افزوده می‌شود و از میدان جاذبه^{۱۳} خورشید می‌گریزند. زمانی که فعالیت خورشیدی بیشتر باشد، تعداد و انرژی این ذرات بیشتر می‌شود. انرژی این ذرات به‌طور متوسط در حدود پانزده مگاالکترون ولت (Mev) است.

بعد از گذشت حدود چهار دقیقه از اینکه پرتو^{۱۴} آلفا در فوران‌های خورشید بیش‌ترین شدت را پیدا می‌کند، سریع‌ترین ذرات و در ساعات بعد، ذرات کندتر به زمین می‌رسند.

تمام ستارگان، مانند خورشید، دارای باد هستند و ستارگان با جرم زیاد، بادهای ستاره‌ای بسیار قوی‌تری



دارند.

یک ستاره با

جرم سی برابر جرم

خورشید، می‌تواند ۲۴ برابر

جرم خورشید را پیش از آن‌که از

رشته^{۱۵} اصلی خارج شود، به شکل باد

منتشر کند.

پدیده^{۱۶} شفق در سیارات منظومه^{۱۷}

شمسی، ناشی از همین بادهای

خورشیدی است.

ما تنها باد خورشیدی را از

سال‌های اولیه^{۱۸} عصر فضا از اوایل

دهه^{۱۹} شصت تاکنون بررسی کرده‌ایم.

در طول این زمان، این، رویدادی

نادر است. باد خورشیدی منظومه^{۲۰}

شمسی ما را دربرگرفته است و با کره^{۲۱}

خورشیدی آغاز می‌شود.

کره^{۲۲} خورشیدی میدانی

مغناطیسی است که از خورشید

سرچشمه می‌گیرد و به کمک باد

خورشیدی تا ابعاد بسیار عظیم متورم

می‌شود. همه^{۲۳} سیارات، از عطارد گرفته

تا پلوتون و فراسوی آن، در این بخش

قرار می‌گیرند. کره^{۲۴} خورشیدی اولین

سپر دفاعی منظومه^{۲۵} شمسی در برابر

پرتوهای کیهانی است. ذرات پرنرژی

خارج‌شده از سیاه‌چاله‌ها و ابرنواخترها

سعی در وارد شدن به منظومه^{۲۶} شمسی

را دارند، اما میدان‌های مغناطیسی کره^{۲۷}

خورشیدی آن‌ها را منحرف می‌کنند.

فشار معمول باد خورشیدی از

اواسط دهه^{۲۸} ۱۹۹۰ بیش از بیست

درصد کاهش یافته است. دیومک

کوماس^{۲۹} از مؤسسه^{۳۰} تحقیقاتی تگزاس

گفت: «از پنجاه سال پیش که شروع

به بررسی باد خورشیدی کرده‌ایم،

این ضعیف‌ترین حالت باد خورشیدی

است که روی داده است.» حسگر باد

خورشیدی سوپس^{۳۱} در فضاپیما

اولیسز^{۳۲} میزان کاهش را اندازه گرفت.

این فضاپیما در سال ۱۹۹۰ پرتاب