نگاهی به جو خورشید

محمد اخلاقی

شکل ۱

در مقالهٔ قبل درون خورشید مورد بررسی قرار گرفت؛ همانطور که دیدم طبق بهترین مدل هایی که برای توجیه درون خورشید ایجاد شده است، فرایند های هسته ای فقط در هستهٔ خورشید اتفاق می افتند، تا ۰/۷ شعاع خورشید انتقال انرژی از طریق تابش انجام می شود و از آن به بعد تا حدود سطح انتقال انرژی از طریق جریان های همرفتی (همانند یک دیگ در حال جوش) صورت می گیرد. داستان این مقاله از این قسمت شروع می شود؛ بعد از این "شعله زرد" در حال جوش، کدری گازها به قدری کم می شود که به ما امکان دیدن این قسمت ها را می دهد، به همین دلیل ما به این قسمت جو خورشید می گوییم. نمایی کلی از جو خورشید به همراه قسمت های آن را می توانید در شکل ۱ ببینید.

اما اجازه بدهید قبل از شروع بحث در رابطه با جو یکی از ماهواره هایی که خیلی در تحقیق در رابطه با خورشید موثر بوده است کمی بحث کنیم و بعد به ادامهٔ بحث بپردازیم. این ماهواره در سال ۱۹۹۵ با همکاری ناسا و اسا (ESA, Europian Space Agency، سازمان فضایی اروپا) به فضا پرتاب شد و بین زمین و خورشید (در واقع بین زهره و زمین) قرار گرفت. از آن سال در حال فرستادن داده هایی در رابطه با خورشید می باشد، نام این ماهواره SOHO; Solar and Heliospheric Observatory می باشد و در کارهای خود از ابزار های زیر استفاده می کند:

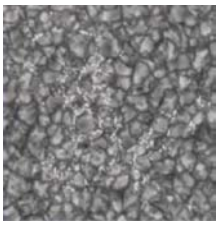
۱. **CDS** (Coronal Diagnostic Spectrometer)
۲. **CELIAS** (Charge, Element, and Isotope Analysis System)
۳. **COSTEP** (Comprehensive Suprathermal and Energetic Particle Analyzer)
۴. **EIT** (Extreme ultraviolet Imaging Telescope)
۵. **ERNE** (Energetic and Relativistic Nuclei and Electron experiment)
۶. **GOLF** (Global Oscillations at Low Frequencies)
۷. **LASCO** (Large Angle and Spectrometric Coronagraph)
۸. **MDI/SOI** (Michelson Doppler Imager/Solar Oscillations Investigation)
۹. **SUMER** (Solar Ultraviolet Measurements of Emitted Radiation)
۱۰. **SWAN** (Solar Wind Anisotropies)
۱۱. **UVCS** (Ultraviolet Coronagraph Spectrometer)
۱۲. **VIRGO** (Variability of Solar Irradiance and Gravity Oscillations)

تمام این ابزارها روی این ماهواره نسب و در هر لحظه در حال فعالیت هستند. اکثریت آنها (به غیر از VIRGO، GOLF و MDI/SOI)جهت مطالعه روی جو هستند، این سه دستگاه (همانطور که از نامشان هم پیداست) جهت مطالعهٔ نوسانات خورشید که در تحلیل ساختار درونی خورشید مورد بررسی قرار می گیرد استفاده می شوند.

مرز جدا کنندهٔ جو خورشید و درون خورشید را قسمتی از خورشید تعریف می کنیم که در آن عمق اپتیکی برابر یک باشد؛ عمق اپتیکی یک، فاصله ای داخل یک گاز است که شدت تابشی یک جسم در آن فاصله $\frac{1}{e}$ شدت اصلی خود شود (به عنوان مثال در هوای مه آلود هر چه فاصله بیشتر بشود تشخیص یک جسم سخت تر می شود). وقتی به خورشید نگاه می کنیم (البته به طور غیر مستقیم!) می توانیم مرز مشخصی را برای خورشید ببینیم،

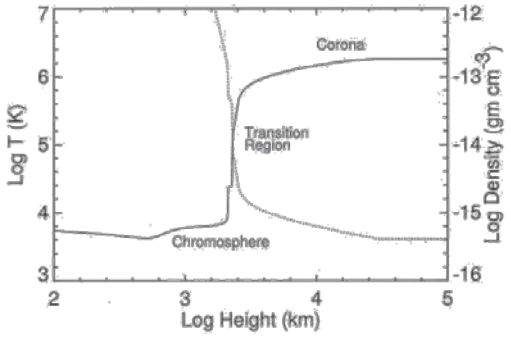
در حالی که چنین مرزی در واقع وجود ندارد. اینکه ما این دایره را تا این حد مشخص (تیز) می بینیم به ایـن دلیـل است که قسمتی از خورشید که عمق اپتیکی از حدود صفر به یک می رسد فقط ۵۰۰ کیلومتر می باشد در حالی که قطر خورشید حدودا ۱۳۰ هزار کیلومتر است!

نام این قسمت از جو خورشید را فوتوسفر گذاشته اند به این دلیل که نور اصلی که ما از خورشید دریافـت می کنیم از این لایه بیرون می آید (کمی بالاتر از کف آن) و واژۀ فوتو به زبان یونانی به معنی نور است، دمای مـوثر خورشید که ۵۷۷۰ درجۀ کلوین می باشد نیز از همین لایه است. در کف این لایـه گرنیـول ها یا بالاترین قسمت جریان های همرفتی دیده می شوند، آنها حباب هایی هستند به قطـر ۷۰۰ کیلومتر که به سرعت بالا می آیند (حدودا ۱۵ دقیقه) و بعد با سـرعت ۴ کیلـومتر بـر ثانیه به قعر لایۀ همرفتی فرو می روند تا دوباره گرم شوند و بالا بیایند. حرکت آنها از طریق طیف زیگزاگی آنها (که نشان دهندۀ حرکت رفت و آمدی آنهاست) دیده می شود، در شکل ۲ می توانید تصویری از آنها ببینید. همچنـین از خطـوط جـذبی ناشـی از ایـن قسـمت از خورشید دانشمندان فهمیدند که خورشید در عرض های جغرافیایی مختلـف سـرعت هـای مختلفی دارد که در توجیه رفتار لکه های خورشیدی خیلی از این قضیه استفاده می شود؛ در اواخـر مقالـه مشـروح این اثر را خواهیم دید. اما دما در فوتوسفر از ۶۵۰۰ درجۀ کلوین در کف آن بـه ۴۴۰۰ درجـۀ کلـوین در بـالا تـرین قسمت آن می رسد (دما در فوتوسفر رو به کاهش است).


شکل ۲

بعد از ۵۰۰ کیلومتر، ناگهان چگالی محیط از کمی کمتر از چگالی هوا در زمین به مقداری، ۱۰۰۰۰ برابـر کمتر از آن می رسد. به این قسمت از جو خورشید کروموسفر می گویند که تا فاصلۀ ۲۳۰۰ کیلومتر بـالای قسـمت همرفتی می رسد. اما برعکس چگالی، دما در کروموسفر یک رشد از خود نشان می دهد طوری کـه از حـدود ۴۴۰۰ درجۀ کلوین در قسمت پایینی خود به ۲۵۰۰۰ درجۀ کلوین در قسمت بالایی خود می رسد. به علت افزایش دما در این قسمت گاز های تعدادی از عناصر(He، Fe، Si، Cr وCa) یک بار یونیزه می شوند (آخرین الکترون هـای آنهـا به اندازه ای از محیط انرژی می گیرد که می تواند از اتم فرار کند) و خطوط طیفی جذبی خاصی در طیف خورشـید از خود به جای می گذارند.

نامگذاری این قسمت به نام کروموسفر به این علت است که قرمز شدن کناره های خورشید هنگام گرفـت کامل به دلیل طیف H_α موجود در این لایه می باشد، و "کروم" در زبان یونانی به معنی رنگ اسـت. اسـپیکیول هـا نیز در این لایه دیده می شوند؛ اسپیکیول ها در واقع لوله های عمود بر سطح هستند که مقدار زیادی گاز در خـود دارند و به ارتفاع حدودا ۱۰۰۰۰ کیلومتر می رسند. عمر هر اسپیکیول چیزی حدود ۱۰ دقیقه است و سرعت گاز در آن چیزی حدود ۵۰۰۰۰ کیلومتر بر ساعت می باشد که مطالعۀ آنها را خیلی سخت می کند. در هر لحظه محاسـبه شده است که حدود ۳۰۰۰۰ اسپیکیول در خورشید وجود دارند. اسپیکیول ها از عوامل اصلی گرم شدن قسمت های بالایی جو خورشید می باشند.



شکل ۳

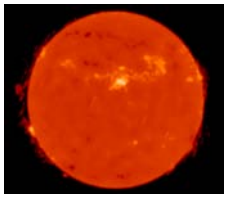
بعد از کروموسفر ناگهان در فاصله ای حـدود ۳۰۰ کیلومتر دما به شدت افزایش پیدا می کند و به حـدود یـک میلیون درجۀ سانتیگراد می رسد، اما چگالی هم ناگهـان بـه همین شدت کاهش پیدا می کنـد، در شـکل ۳ مـی توانیـد نموداری از تغییرات این دو پارامتر (دما و چگالی) را ببینیـد، خط نقطه چنین نشان دهندۀ کاهش چگالی و خط مستقیم نشان دهندۀ افزایش دما می باشد، توجه داشـته باشـید کـه محـور عمـودی ایـن نمـودار لگـاریتم ایـن دو پـارامتر مـی باشـد. دانشمندان این قسمت از جو خورشید را با عنوان ناحیۀ انتقالی تعریف کرده اند.

به عنوان مثال در ناحیهٔ انتقالی خطوط لایمن آلفا با طول موج Å ۱۲۱۶ در دمای ۲۰۰۰۰درجهٔ کلوین در قسمت زیرین آن تشکیل می شوند، خطوط CIII (کلسیوم دو بار یونیزه) با طول موج Å۹۷۷ در دمای ۹۰۰۰۰ درجهٔ کلوین ، خطوط O VI (اکسیژن ۳ بار یونیزه) با طول موج Å ۱۰۳۲ در دمای ۳۰۰۰۰۰ درجهٔ کلوین و خطوط Mg X (منیزیوم ۹ بار یونیزه) با طول موج Å ۶۲۵ در دمای ۱۴۰۰۰۰۰درجهٔ کلوین تشکیل می شوند.

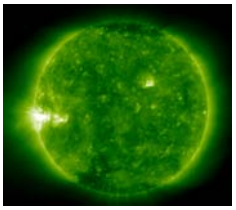
شکل ۴

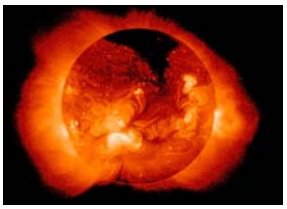
بعد از ناحیهٔ انتقالی وارد تاج خورشید می شویم، در تاج دما رو به افزایش، اما چگالی رو به کاهش است (همانند قبل اما با سرعتی کمتر!). چگالی در تاج به حدود 10^{5} ذره بر سانتیمتر مکعب می رسد(در حالی که در جو زمین چگالی 10^{19} ذره بر سانتیمتر مکعب است!). به علت چگالی خیلی کم، کدری این لایه از سطح خورشید بسیار کمتر است و نسبت به اکثر طول موج ها شفاف می باشد و فقط در هنگام گرفت کامل می توان آن را دید(شکل ۴). خطوط جذبی Fe XIV (آهن ۱۳ بار یونیزه) نشان می دهند که دما در این قسمت در حدود دو میلیون درجهٔ کلوین و حتی بیشتر می باشد. اما از این دمای زیاد نترسید! اگر یک فضا نورد (به فرض اینکه اشعهٔ X فراوان این محل به او صدمه نرساند) مقداری از این گاز (با این دما) را جدا کند و در یک محافظ حرارتی قرار دهد و به زمین بیاورد (تا دمای آن کم نشود) و شما دستتان را داخل آن بکنید، به نظرتان چه اتفاقی می افتد؟ دست شما مستقیم بخار می شود؟ نه، نگران نباشید! دمای دست شما چیزی کمتر یک درجه افزایش پیدا می کند، به این دلیل که در کل بطری حدود ۲۰۰۰۰۰ اتم وجود دارد، در حالی که در هر سانتیمتر مکعب دست شما ضریبی از 10^{19} اتم که مانند یک دیوار بسیار بسیار محکم مقابل آنها ایستاده است!

منظرهٔ خورشید با فیلتر های طیفی مختلف (در دماهای مختلف) را می توانید در چهار شکل زیر ببینید:

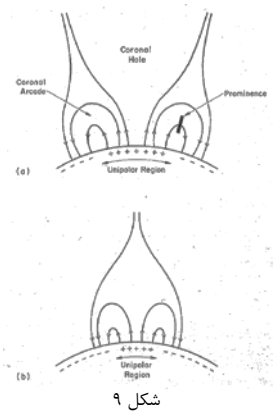

۱۷۶×۱۰^{۶}Å
شکل ۵

امواج مرئی
(حدود Å۵۰۰۰)
شکل ۶


۱۹۵Å
شکل ۷


۵۰Å
شکل ۸

در شکل ۸، می توانید خورشید را در طول موج امواج X ببینید. همانطورکه معلوم است، تاج خورشیدی در مناطقی خیلی ضعیف (و حتی صفر) است، در این مناطق حرفهٔ تاج (Cronal Hole) به وجود می آید و ذرات باردار می توانند از طریق آنها از خورشید فرار کنند. در شکل ۹ می توانید نمایی ساده از خطوط مغناطیسی شکل دهندهٔ تاج ببینید، همانطور که معلوم است، در قسمت هایی این خطوط بسته هستند و در قسمت هایی باز، ذرات پر انرژی می توانند از طریق انفجار هایی از این "سوراخ" ها (قسمت های باز) فرار کنند و به فضای منظومهٔ شمسی وارد شوند.

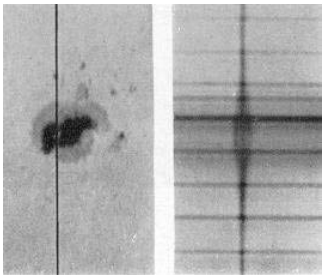


شکل ۹

این شکل خروج ذرات پر انرژی از خورشید را باد خورشیدی و اگر شدت خیلی زیادی داشته باشد CME (Coronal Mass Ejection) می نامند. می توان به راحتی نشان داد که تغییرات جرم خورشید ناشی از چنین باد هایی ۳×۱۰^{-۱۴} جرم خورشید بر سال می باشد، به این معنی که حدود 10^{14} سال(بیشتر از عمر فعلی جهان!) نیاز است تا تمام جرم خورشید از این طریق از خورشید خارج شود. به

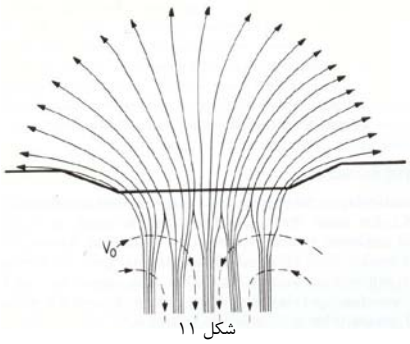
همین علت از تغییرات جرم ناشی از باد خورشیدی عموما در تحلیل های خورشید صرف نظر می شود و کـم شـدن جرم خورشید را در اثر فرایند های هسته ای مرکز آن در نظر می گیرند.

بررسی جو خورشید با بحث روی تاج تمام می شود. اما در داخل جو، رویداد های جالبی هم هستند، مانند لکه های خورشیدی و شعله های خورشیدی (Solar Flares and Prominences) و رویداد های جالب دیگر که در این مقاله لکه ها را مورد بررسی قرار می دهیم.



شکل ۱۰

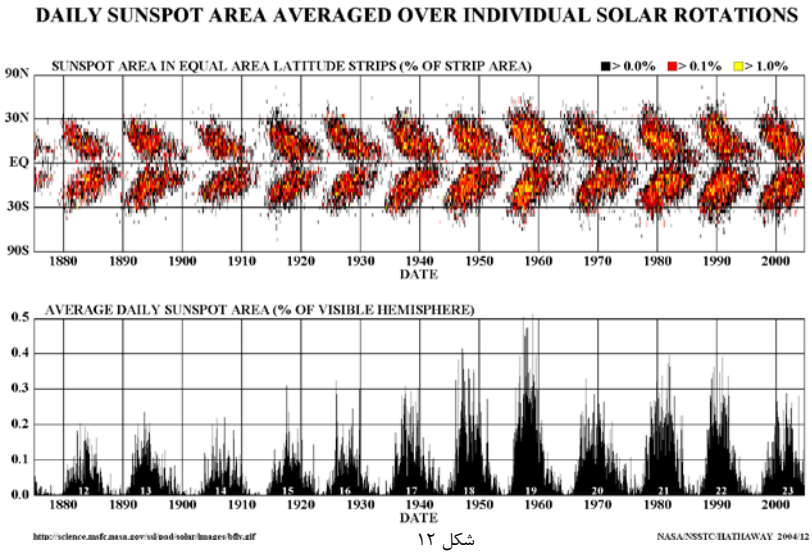
لکه های خورشیدی شاید از اولین رویداد هایی باشند که از آنها داده های علمی موجود می باشد. زیرا از زمان گالیله (بیشتر از ۴۰۰ سـال پـیش) ثبـت آنهـا شروع شد و تا به حال ادامه دارد. منشا این لکه ها تا سال ۱۹۱۹میلادی نا مشخص بود، در آن سال در The Astrophysical Journal مقاله ای چاپ شـد کـه بـا توجه به جفت شدن خطوط طیفی در محل لکه ها (شکل ۱۰) منشـاء مغناطیسـی آنها ثابت شد (به دلیل اثر زیمان).



شکل ۱۱

لکه های خورشیدی از دو قسمت سایه (Umbra) و نیم سـایه (Penumbra) تشکیل شده اند. در قسمت سایه که قسـمت مرکـزی آن است به دلیل میدان هـای مغناطیسـی خیلـی شـدید(حـدود چنـد هـزار گوس) که از درون لایه های همرفتی ایجاد می شوند، قسمت های بالایی لایه های همرفتی نمی توانند آن را بپوشانند، اما در نیم سـایه (همـانطور که از شکل ۱۱ آنها نیز پیداست) خطوط میدان مغناطیسی تقریبا موازی سطح می شوند و به همین دلیل روی سطح کمتر اثر می گذارند.

به طور متوسط دما در سایهٔ لکه ها حدود ۳۹۰۰ درجهٔ کلـوین می باشد، که باعث می شود درخشندگی کلی آنها حدود ۴/۸ از اطراف آنها کمتر باشد و به همین دلیل هنگامی کـه شدت نور خورشید را به قدری کم می کنیم تا بتوان با چشم خورشید را ببینیم، لکه ها را تاریـک مـی بینـیم. قطـر متوسط لکه ها حدود ۲۰۰۰۰ کیلومتر می باشد، در حالی که قطر زمین ۱۲۰۰۰ کیلومتر است! در ضمن دیده شده است که متوسط عمر یک لکه ۳۰ روز است و در طول عمر خود در یک عرض جغرافیایی خورشید ثابت می مانند.

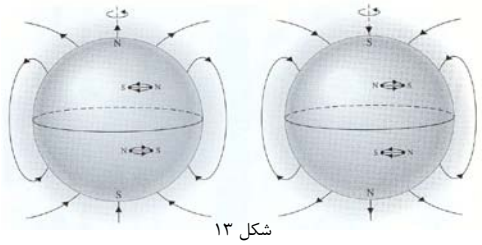


شکل ۱۲

امـــــــــا از خصوصیات فردی لکه هـا که بگذریم لکـه هـا یـک رفتار اجتماعی(!) جـالبی نیز دارند کـه از سـالهای پیش (حـدود ۲۰۰ سـال که اطمینان بیشتری می تـوان بـه داده هـا کـرد) شناسـایی شـده اسـت؛ دیده شده است که تعداد لکـه هـا روی خورشـید پریود های ۱۱ ساله دارد، به این معنی که با شـروع هر یازده سال، تعداد لکه ها کم است، آرام آرام، تعداد آنها زیاد می شود تا اینکه در اواخر ۱۱ سال دوباره تعداد آنهـا کم می شود، و این روند به همین شکل ادامه پیدا می کند، اما علاوه بر تعداد لکه ها دیده شده است کـه لکـه هـای اول ۱۱ سال در عرض های جغرافیایی بالا (۴۰+ یا ۴۰-) به وجود می آیند و با افزایش تعداد لکه ها، اکثریت لکه ها

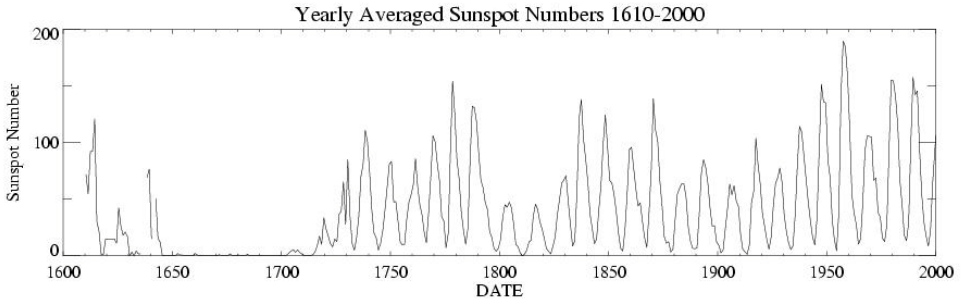
در عرض های جغرافیایی پایینتری به وجود می آیند تا اینکه در اواخر ۱۱ سال تعداد لکه ها کم شده است و نزدیک استوا هستند. می توانید نموداری از این تغییرات را در شکل ۱۲ ببینید.

در نمودار بالایی شکل ۱۲ که به نمودار پروانه ای معروف است، می توانید افزایش زمان را روی محور افقی و عرض های جغرافیایی را روی محور عمودی ببینید (طوری که وسط محور عمودی که در نمودار با EQ مشخص شده است استوا می باشد) تعداد لکه ها هم با افزایش نقطه ها معلوم است. توضیحات قبل را می توانید با نمودار مقایسه کنید، در نمودار پایینی شکل ۱۲ فقط مجموع مساحتی که لکه ها در سال های مختلف اشغال کرده اند را می توانید ببینید (دوره های یازده ساله به راحتی در آنها معلوم هستند).


شکل ۱۳

بعد از شناسایی خاصیت مغناطیسی لکه ها چند نکتهٔ دیگر راجع به این دوره های یازده ساله دیده شد؛ در گروه های لکه ها، لکهٔ رهبر یک قطبش دارد و بقیهٔ لکه ها (که پشت سر لکهٔ رهبر هستند) قطب دیگر را بین خود تقسیم می کنند و اینکه بعد از هر دوره یازده ساله قطبش لکه ها تغییر می کند؛ به این معنی که اگر در اول یک دورهٔ یازده ساله لکهٔ رهبر نیمکرهٔ شمالی قطب شمال داشته باشد و لکهٔ رهبر نیمکرهٔ جنوبی قطب جنوبی داشته باشد، در دورهٔ یازده سالهٔ بعدی برعکس می شود و رهبر نیمکرهٔ شمالی ها قطبش جنوبی پیدا می کنند و رهبر جنوبی ها قطبش شمالی و قطبش کل خورشید نیز عوض می شود، همانطور که در شکل ۱۳ معلوم است. بنابراین اگر از لحاظ مغناطیسی خورشید را بررسی کنیم، این دوره ها را باید دوره های ۲۲ ساله بنامیم.

تعداد لکه های خورشیدی روی خورشید نشان دهندهٔ فعالیت خورشید است، به عنوان مثال در اوایل دوره های یازده ساله اگر کسوف روی دهد، تاج متقارنی دیده می شود، در حالی که اگر در اواسط دوره های یازده ساله باشد، تاج متقارن دیده نخواهد شد. همانطور که در شکل ۱۴ می بینید در اواخر قرون وسطی تعداد لکه ها در سال های زیادی (حدود ۵۰ سال) بسیار کم بود، به همین دلیل دمای کرهٔ زمین به مقدار خیلی کمی نزول کرد، اروپاییان قرون وسطی تصور کردند که این به خاطر جادوگران است و در آن سال ها تمام جادوگران را زنده به آتش کشانیدند!



شکل ۱۴

به این مینیموم تعداد لکه ها، مینیموم ماندر (Maounder's Minimum) می گویند. که نشان می دهد احتمالا خورشید دوره هایی علاوه بر دوره های ۱۱ ساله دارد که فهمیدن آنها محتاج زمان بسیار بسیار بیشتری برای مشاهده خورشید می باشد.

برای توجیه این رویداد روی خورشید(دوره های ۲۲ سالهٔ مغناطیسی)، نظریه های مختلفی مطرح شده است، که بهترین آنها به مدل Magnetic Dynamo معروف است. این مدل در سال ۱۹۶۱ توسط آقای Horace Babcock مطرح شد. البته همانند بقیهٔ مدل ها (!) این مدل هم قادر به توجیه تمام خصوصیات داخلی و جوی خورشید نیست، اما در این زمینه(دوره های خورشیدی) کار آمد است!

با توجه به جریان های همرفتی یونهای باردار در لایهٔ همرفتی خورشید، فرض می شود که میدان های مغناطیسی خورشید در اثر این لایه به وجود می آیند. در نتیجهٔ این فرض میدان های مغناطیسی فقط در ۳۰درصد بالای خورشید حضور دارند. به خاطر اینکه میدان های مغناطیسی به همراه مناطق همرفتی حرکت می کنند، پس هرچه به سمت قطب ها می رویم سرعت آنها تغییر می کند (همانطور که در اوایل مقاله گفته شد، سرعت چرخش خورشید در عرض های جغرافیایی مختلف متفاوت است). این عامل باعث به وجود آمدن مناطقی با میدان مغناطیسی خیلی قوی به نام Magnetic Ropes در قسمت هایی می شود که اختلاف سرعت زیاد است. نیروی ارشمیدسی که در اثر فشار مغناطیسی به وجود می آید باعث بالا آمدن این گره ها و ایجاد لکه های خورشیدی می شود، قطبیدگی لکه های به خاطر جهت میدان در این گره ها می باشد، در نتیجه هر لکهٔ رهبر در هر نیمکره قطبیت یکسان خواهد داشت در حالی که در نیمکرهٔ دیگر مخالف آن خواهد بود.

هنگامی که لکه ها مینیموم هستند، خطوط مغناطیسی همه صاف و بدون پیچیدگی می باشند. در اثر سرعت چرخش های متفاوت در عرض های جغرافیایی مختلف خورشید، اولین گره ها در عرض های بالاتر به وجود می آیند (به این دلیل که هرچه در عرض جغرافیایی بالاتر می رویم، اختلاف سرعت بیشتر می شود) و آهسته گره ها به سمت استوا حرکت می کنند تا اینکه ماکزیموم تعداد لکه ها ایجاد می شود. بر خلاف انتضار(انتظار می رود که تعداد لکه ها با نزدیکی به استوا بیشتر شود)، با نزدیک شدن لکه ها به استوا، قطب های مخالف به هم نزدیک شده (در اثر لکه های دو نیمکره که به هم نزدیک می شوند) و شروع به خنثی کردن همدیگر می کنند.

در نهایت با خنثی شدن دو میدان مخالف در نزدیکی استوا میدان منظم دوباره حاصل می شود ولی این در حالی است که قطبیت کل خورشید عوض شده است. این فرایند ۱۱ سال طول می کشد تا دوباره اتفاق افتد و قطب های اولیه دوباره بعد از ۲۲ سال سر جای خود بر می گردند.

همانطور که در مقالهٔ قبل نیز بحث شد، دیده شده است که تعداد نوترینوهای دریافتی از خورشید نیز دوره هایی به شکل همین دوره های ۱۱ ساله دارند. البته از ثبت نوترینو ۳۰ سال بیشتر نمی گذرد، به همین خاطر هنوز با قطعیت نمی توان این رابطه را ثابت کرد، اما در صورتی که ما زمان بیشتری در اختیار داشته باشیم، می توانیم به خصوصیات خیلی بیشتری در رابطه با این ستارهٔ حیات بخش دست پیدا کنیم.

می توان دید که علم اخترفیزیک تا به حال توانسته است کمک های زیادی به فهم نکته هایی در رابطه با نزدیک ترین ستاره به ما انجام دهد. همانند ساختار درونی خورشید و میدان های مغناطیسی عجیبی که باعث اتفاقاتی روی خورشید و در نتیجه زمین می شوند. ولی هنوز زمینه های زیاد و هیجان انگیزی وجود دارد که باید کار شود تا ما بتوانیم با اطمینان به نفس کامل از خود راضی باشیم و به خود افتخار کنیم که نزدیک ترین ستارهٔ به خود را شناخته ایم!

اما داده هایی که ما از خورشید و جهان اطراف خود داریم مربوط به زمانی کمتر از ۱۰۰ سال می باشد، در حالی که از عمر خورشید تا به حال حدود ۴/۵ میلیارد سال، از عمر کهکشان ما حدود ۱۰ میلیارد سال و از عمر جهان ما حدود ۱۳/۶ میلیارد سال می گذرد. می بینیم که مدتی از تکامل هر کدام را که داده های ما پوشش می دهند عملا صفر است.

مطالعات ما در زمینهٔ اخترفیزیک و کیهانشناسی (با توجه به بازه های زمانی مطرح در هر کدام و مدت زمان داده گیری ما) مانند داستان یک آدم فضایی می باشد که با یک دوربین عکاسی بخواهد چند عکس از موجودات زنده روی زمین بگیرد (در کمتر از یک ثانیه) و بعد به سیارهٔ خود برگردد و شروع به تحلیل عکس ها کند، به نظر شما او زندگی روی زمین را چگونه تحلیل خواهد کرد؟ مثالا می گوید که موجود زنده دو نوع هستند، دو پا و چهار پا که بعضی چهارپا ها پاهای دایره مانندی دارند! (ماشین ها)، او بچه های کوچک را در میان چهارپا ها قرار می دهد زیرا ندیده است که چگونه روی دو پا بلند می شوند یا اینکه گیاهان را غیر زنده در نظر می گیرد، چون در یک ثانیه هیچ گیاهی رشد محسوسی نمی کند و تقسیماتی که ما را به خنده می اندازد! البته وضعیت ما و شناخت جهان اطرافمان به این بدی نیست، اما چندان هم بهتر نیست!

منابع:

- Carroll B. W. & Ostlie D. A. (1996). An introduction to modern stellar astrophysics. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. US.
- Curdt W., Brekke P., Fledman U., Wilhelm K., Dwivedi B. N., Schuhle U. & Lemaire P. (2001). The SUMER spectral atlas for solar-disk features. Astronomy & Astophysics.
- Priest. E.R. (1984). Solar MagnetoHydroDynamics. Reidel Publishing Company. Dordrecht, Holland.
- Riazi N. Astrophysics. To be published