پرکهای قطبی کرونای قطبی فرابنفش دور کرونای خورشیدی

احسان توابى

گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۱۹۳۹۵–۳۶۹۷ تهران– ایران. (تاریخ دریافت :۱۳۹۳/۰۱/۳۰ ، تاریخ تصویب ۱۳۹۳/۱۰/۲۰)

چکيده

در این مطالعه شواهد از نحوه تولید و شتاب گیری جتهای مغناطیسی در نقاط پایه ای پرکهای ^۱ قطبی تاج خورشید عرضه می گردد،این مشاهدات که در حفرهی کرونای شمالی در ۱۰ ژون ۲۰۱۰ رخ دادند، توسط تلسکوپ رصد خانه دینامیک خورشیدی (ماموریت SDO^۲) در خطوط فرابنفش دور،با جزئیات بی سابقه رصد و مشاهده گردید.ساختارهای توام با این پرک نشان از سرعت انتشار رو به بیرون حدود ۱۲۰ تا ۱۴۰ کیلومتر بر ثانیه ای دارند.مطالعه بصری رفتار دینامیکی با استفاده از نمودارهای برش زمانی نشان می دهد که بخش اعظم مواد با سرعت فوران یافته از سطح خورشید می توانند ماهیتا از زیر پرکهای قطبی نشات گرفته باشند. این فواره های همراه پرکهای نواحی محیطی و اطراف، حرکت چرخشی تاب دار و پیچش تولید می کند . با توجه به مدل حلقهی ساده برای پرکها، انتظار می رود رها سازی مواد پلاسمایی از سیلندری تو خالی با دیوارهای موازی نشات بگیرد.این فورانها به شکلی متوالی و پی درپی صورت می پذیرند ولی چرخه و دوره فورانی خاصی ندارند. پس از مرحلهی اولیه اصلی، شتاب طولی و سرعت به شکل قابل توجهی کاهش یافته و در محیط مقرق و پراکنده می گردد. این مشاهدات نشان می دهند که یک حلقه مغناطیسی محدود در پرکها وجود دارد.رفتار دینامیکی پرکهای نیز با استفاده داده های بیشتر وازگان کلیدی: می می می نیز با استفاده در استمان می می موازی نشات بگیرد. این فورانها به شکلی متوالی و پی درپی صورت می پذیرند ولی چرخه و دوره فورانی خاصی ندارند. پس از مرحلهی اولیه اصلی، شتاب طولی و سرعت به شکل قابل توجهی کاهش یافته و در محیط منفرق و پراکنده می گردد. این مشاهدات نشان می دهند که یک حلقه مغناطیسی محدود در پر کها وجود دارد.رفتار دینامیکی پر که انیز با استفاده داده های بیشتر وارگان کلیدی:حفره کرونا، پر کهای قطبی، فواره ها و جت ها، سیخکها فورانی عظیم.

Plausible Model for the Fast Solar Wind Accelerated Plasma Within and Below a Polar Plume, from SDO and SWAP Observations

EhsanTavabi

Physics Department, Payame Noor University (PNU), 19395-3697-Tehran, I. R. of Iran

Abstract.

We present observation of polar coronal hole plumes with foot point jets that shows evidence of longitudinal acceleration. The series of event, occurring in the north coronal hole on 10 July 2010, was observed by the AIA telescopes of the Solar Dynamic Observatory (SDO mission) in the EUV lines, with unprecedented details. The structures along the plume show a propagating outward velocity of about 120-140 km/s. A visual study of the dynamic behavior using time-slice diagrams reveals that a large amount of very fast ejected material could be originated from below of the polar plume. These Jets erupt along plumes from the surrounding areas, producing twisty motion. According to a naïve ring model for plumes, the release of plasma materials is expected from a hollow cylinder with parallel walls. Eruptions sequentially and successively occur but not periodicity is observed. After the initial phase the longitudinal acceleration and speed substantially reduces and disperses in the environment. These observations suggest the existence of a confined magnetic annulus in plumes. The dynamical behavior is illustrated using more AIA (SDO mission) data. It includes a helical or swirl and an untwisting mechanism possibly responsible for the launch and the acceleration of plasma and of Alfven waves similar to a tornado occurring along the polar plume.

Keywords. Tornado, Polar Plumes, Jets, eruptive macro- spicules.

Email: etavabi@yahoo.com ¹Plums ²Solar Dynamic Observatory ³Alfven

مقدمه

حفره های کرونایی (*CHs) نواحی متشکل از پلاسماهایی کم تراکم (چگالی پایین) در نزدیکی قطبین خورشید هستند که خطوط میدان مغناطیسی آن ها به شکل آزادانه ای به سمت فضاهای بین سیارهای گسترش مییابند.زمانیکه فعالیت های خورشیدی در اوج هستند، حفره های کرونا هم کلاهک قطبی شمالی و هم جنوبی را می پوشانند. در دوره های فعال تر، چاههای کرونایی بسیار باریکی را میتوان در تمام عرضهای جغرافیایی خورشید مشاهده نمود، اولین مشاهدات این چاههایتاجی در اواخــر دههی ۱۹۵۰ بود، زمانیکـــه ام. والدمییر^۵ به مناطقی با دوام عمر طولانی اشاره کرد که توسط کرونا گراف نور مرئی ثبت شدند. با این همه، این مناطق قطعا توسط تصاویر اشعه ایکس گرفته شده بوسیله راکت ها و بخصوص توسط اسکای لبٌ که تلسکوپ تصویر برداری اشعه ایکس را حمل میکرد، بطور کیفی شناسایی شده اند. نقاط درخشان که طول عمر طولانی هم دارند به شکلی گسترده در تمام طول مدتی که خورشید آرام است مورد مطالعه قرار گرفته اند. اخیرا و به شکلی خاص، حفره های کرونایی مشاهده شده اند که محتوی تعداد بسیار زیادی نقاط کوچک درخشان با سرعت متغییری هستند (فلاش یا جرقه های کرونا یا فوران اشعه ایکس) که اغلب، با کرانه ی سلول های سویر گرانولی^۷ همزمان است، که ممکن است با بخش های پرتاب کنندهی اولیه باد خورشیدی سریع ارتباط داشته باشد.

پلاسمای داخل منطقهی گذار و درون کرونا، زمانیکه با دقت بیشتری به جزئییاتگلهای شبکه و تکه های شبکه نگاه میکنیم، حالت پویایی نشان میدهند. پلاسما در امتداد انواع تیوپهای میدان مغناطیسی مانند تیوپهای حفره ها، جت ها و سیخک ها شارش مییابد. مواد کرونا به سمت بخش بیرونی سطح مشترک کرونا به سمت فضای بین سیارهای انتشار مییابد، جایی که باد خورشیدی به واقع نمود پیدا کند.

⁴Coronal Holes ⁵M. Waldmeier ⁶Sky lab ⁷supergranular

پرکهای قطبی همانطور که در فرابنفش دور بالای 2R دیده میشوند، ساختارهایی خطیاند تا مستقیم. به نظر میرسد مشخصه های مربوط به انتشار سریع برون سوی درون خطوط داغ کرونا در امتداد پرکها قابل رویت باشند، که با ابر سیخک های ۲۰۴ اا He الرتباط دارند، که مشاهدات صورت گرفته از زمین در مورد سرچشمه آنها در خط بالمری آلفانسبتاً خنک نیز موید آن بود.

همه توافق دارندکه باد خورشیدی سریع ازچاههای کرونایی با میدان مغناطیسی باز نشات می گیرند که بیانگر منطقه مغناطیسی خورشیدی تک قطبی، از حالت نسبتاً پایدار خورشید است، باد خورشیدی آرام (کند) از بخش بالایی قسمت فعال تر خورشید نشات می گیرد. برای اینکه از باد خورشیدی سریع، منطقه چاههای کرونایی بسازیم، یافتن نواحی سرچشمه ای در خورشید ضروری است.

یون ها و الکترون های در باد خورشیدی بسیار سریع تا چندین برابر شعاع خورشید در بالای حفره های کرونا شتاب یافته و به سرعت نهایی حدود ۸۰۰ کیلومتر در ثانیه میرسند. این شتاب سریع را نمی توان تنها با نیروهای هیدرو دینامیکی توصیف کرد، برخی دیگر از اشکال انتقال تکانه، مانند نیروهایی ظهور یافته در ناحیه دیناموی خود انگیزشی را باید به کار بست.

معمول ترین ساختار چاههای کرونایی،پرک نام دارد (برجستگی هالهای). پرکها ساختارهایی مرتفع، نازک، درخشان و خطی هستند که طبق مشاهدات از چاههای کرونایی مشابه خطوط میدان مغناطیسی ساطع شده از یک قطب مغناطیسی،انتشار مییابند. این ساختار های هاله ای را می توان زمان خورشید گرفتگی با چشم غیر مسلح، یا هر زمانی با استفاده از یک دستگاه کرونا گراف و یا در خطوط فرابنفش دور(EUV)، مشاهده کرد.نیوکیرک و هاروی[^] در سال ۱۹۶۸، تحلیل خود انطباق تصاویر خورشید گرفتگی، حکایت از انطباق آشکار بین پهنای پرکهای قطبی و اندازهی دسته بندی فوق العادهی عناصر ورودی شبکه داشت. به نظر میرسد که این پرکها نسبت به

مواد اطرافشان خنک باشند، مقياس زماني آنها از چندين دقيقه تا ۲۰ تا ۳۰ ساعت متغییر است، هر چند که پرکها اغلب به شکل ساختارهایی خاموش با فاکتور پر شدن ۱۰ درصدی در نظر گرفته میشوند. فشار نوری در فرابنفش دور به اندازهی حدود ۱۰۰۰۰-۳۰۰۰ کیلومتر متمرکز شده و بخش ها و قطعههای فشار مغناطیسی کل^۱٬۱۰ تا ۱۰^{۲۰} ماکسول میرسند که در آن قلهی ميدان تا چند صد گاووس شدت مييابد Wilhelm et al. 2000) and Wilhelm et al. 2011)

اولین نقطهی برگشت آنها، جایی که حرکت به شکل مشخص به سمت بیرون صورت می گیرد، در ارتفاع بین ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلومتری سطح خورشید رخ داده و تا حدود ۱۰ برابر شعاع خورشید و حتی بیشتر گسترش می یابد. دمای تعدیلی ۲ میلیون درجه كلويني قابل استناط بود.

(Gabriel et al. 2003 and Wilhelm et al. 2011) یرکھای کرونا در کنار سایر ساختارهای دینامیکی درون جو خورشید، نظیر سیخکهای خورشیدی، فواره های اشعهی ایکس و ابر سیخکها منابع، بالقوه باد خورشیدی را شکل میدهند (که ۱۰۰ بار بیش از مقدار مورد نیاز برای پر کردن کرونا حجیم هستند)، و علاوه بر این، مطالعات اخیر نشان میدهند ,e.g. Wang 1994 (Habbal et al. 1995 and Wilhelm et al. 1998) که پر کاها یک منبع احتمالی جریان های باد خورشیدی سریع هستند،بررسی های دیگر نیز به نتایج متفاوتی انجامیده است.توزیع پرکهای قطبی به شروع باد خورشیدی سریع از حفرههای کرونای قطبی هنوز هم موضوع بحث ها و مجادلات میباشد.جزئیات بیشتر در مورد پرکها و مناطق درون پلان ها در مطالعات ویلهلم و همکارانش فهرست شده اند.

دل زانا وهمکارانش دریافتند که،نقاط روشن نزدیک نقطهی ابتدایی پرکها صرفاً درفلز اولیهی شکل گیریشان هستند.ویلهلم وهمكارانش' درسال۲۰۱۰ متوجه ارتباط قوى بين پركها وفوارهها شدندواين استناط از تصاويراشعه ايكس رائوافي

وهمكارانش'' نتيجه شد كه نشان دادند فورانهاي اشعهي ايكس ماده تشکیل دهنده پرکهای کرونا را شکل میدهند. امروزه ، مشاهدات مربوط به تصاویرباکیفیت AIA (مأموریت SDO)این نتايج را تأييد كرده وتغيير تحت بررسي تأييد شده است.

مشاهده وتحليل داده ها

پردازش تصویر برداری جوی(AIA)دررصدخانهی دینامیک شناسی خورشیدی (SDO)یک ارایهی چهار تلسکویی است که تصاویر جو خورشید را تا ۱٫۳۲ در ده باند موجی مجاری فرابنفش دور(Title et al. 2006)می گیرند.این تصاویر دارای ابعاد مربعی شکل ۴۰۹۶*۴۰۹۶ و۶٫۰ ثانیه کمانی در حالت رزولوشن کاملاً سه بعدی وبا توالی ۱۰ تا ۱۲ ثانیه یک عکس در ۱۰ ژولای ۲۰۱۰ (تصاویر ۱) بودند،که دراین مطالعه مورد استفاده اند.این ترتیب وتوالی برای تحلیل واقعهی پلاسموئید فایل بزرگی از تصاویر پردازش شده بوسیلهی یک فیلتر شعاعی را به شکل دقيق آماده كرده واز تصاوير استخراج شده ازاين فايل براي تحليل بيشتر واندازه گيري آنها استفاده مي کند.



شکل ۱:مشاهدات AIA(مأموریتSDO)درسه خط ماورای بنفش دور (۱۹۳،۱۷۱،۳۰۴ آنگسترومی)پس از فیلتر کردن شدت شعاعی وپوشش ناواضح،نقاط تراكم درمقياس لگاريتمي هستند.

برای مشاهده نقطه شروع پرکها در شکل پردازش شده وبهبود کیفیت بخش های دینامیکی، نقاط شدت اصلی و اولیهپرکهای هر تصویر، بوسیلهی یک "عکس پس زمینه"حاصل از جمع بندى پيكسل به پيكسل ترتيب وتوالى زمان كل،به صورت وقفه های زمانی آماده گردیده کسر شده است (فیلتر فرکانسی

11Raouafi et al. (2008)

⁹Del Zanna et al. (1997) ¹⁰Wilhelm et al. (2010)

بالاگذر).برای بازتولید فیزیکی شدت میانه، یک حد آستانه ثابت به نتایج حاصل از وقفه زمانی اضافه شد. متوجه شدیم که این روش، بهترین راه برای آشکارسازی حرکت های سریع با مقیاس کوچک روی کل میدان میباشد.در واقع از تصاویری با میانگین زمانی ۵ و ۱۵ دقیقه به عنوان "تصویرپس زمینه"برای استخراج هر فریم جدید استفاده کردیم.این روند فیلتر سازی برای جداسازی پدیده دینامیکی کوتاه دوره از تغییرات بلند مدتتر شدت پس زمینه طراحی گردید(تصویر).



شکل ۲:نمونه مشاهده آماده شده در فیلتر فرکانسیبالاگذار، در ۱۰ جولای ۲۰۱۰،که ستاره های (نقاط آبی)مشاهده شده در تصویر نگاتیو پس از فیلتر زمانی میانگین ۱۵ دقیقه ای را نشان میدهد.برخی تغییرات در ناحیه کرونا طی ۳ ساعت رخ میدهد.محور اصلی مشاهده شده در تمام پلان ها در کل سری زمانی به شکل خطوط قرمز در پایین تصویر نشان داده شده اند که محل پرکها را مشخص میکنند.

درتصویر ۲،قسمت بالایی نتایج مربوط به استفاده از یک فیلتر با قابلیت عبور کم بر مبنای میانگین زمانی ۱۵ دقیقه را نشان میدهد، این تصویر فرکانس بالا با داده فیلترشده که جزئیات دینامیکی را به خوبی نشان میدهد،به تصویر کشیده است(تصویر ۷رانیز ببینید).

ار تباط پرکها وانفجارهای کوچک مقیاس به وسیلهی فیلمهای پردازش شده حاصل از دادههای اس دی او^{۱۲} تأیید شدهاند،چندین فوارهی دینامیکی را در طول زمان ۲۴ ساعته مشاهده نمودیم.این فوارههای جت مانند در نقطه های شروع و نزدیک خورشید پرکهای بسیار وسیع وبزرگ مشاهده شدهاند. تصویر ۲ موقعیت ۶ فواره مغناطیسی (جت)را نشان میدهد که با ستارههای آبی رنگ علامت گذاری شده اند، خطوط قرمز تصویر برای راهنمائی چشم در تشخیص پرکها کشیده شده اند.



X (arcsec)

شکل۳: خطوط نقطه چین شماره دار نشان دهندهی برشهای باریک عمود بر محور یک جت با فواره طی می شود که دارایی پرکهای با عمر طولانی نسبت به شدت پس زمینه هستند. پهنای هر یک از خط تیره ها حدود ۱۰ ثانیهی قوسی می باشد.

برای تعیینای حرکتها ۱۰ برش عرضی را امتداد محور یکی از فوارهها قرار دادهایم به شکلی که جهت این برشها مانند تصویر (۳) بر محور آن فواره عمود باشد نمودار برش زمانی (تصویر A) این برشها به وضوح رفتار دینامیکی پلاسهای جهشی به دام افتاده در داخل پرک را نشان میدهد.

نتايج وبحث

١٤



شکل۴:نمودار فضا –زمان شدت نگاتیوی برشهای نشان داده شده در تصویر ۳.

با توجه به چهار نمودار فضا – زمان بالا، مرحله ای تازهای از جهش پلاسما پس از حرکت دایرهای درون بخش مدور پرکها سپس پرتو افکنی در مرحله یا فاز تبخیر در امتداد پرک و سپس کرونا در محیطی با میدان باز با سرعت بالا را مسلم فرض نمودیم.



شکل۵:نمودار فضا –زمان شدت نگاتیوی گسترش شعاعی بخش دینامیکی (پویا) پرکهای عمود بر خطوط برشی نشان داده شده در تصویر ۳، محور X

ها فاصله دو مورد مختلف را نشان میدهد که با اعداد ۱ و۲ در تصویر ۲ مشخص شده اند.

مقدار بدست آمده برای سرعت های شعاعی مشخص که با زاویه مماسی خطوط آبی در تصویر ۵ منطبق اند، نشان دهندی مقداری در حدود ۱۲۰ تا ۱۴۰ کیلومتر بر ثانیه میباشد.



شکل۶: منظری شماتیک و طرح دار از توزیع و انتشار پرک آزاد شده درون دیواره ساختار سیلندر شکل توخالی مغناطیسی را نشان میدهند.

این ترکیب بندی از ساختار مغناطیسی دایره ای مواد یونیزه به دام افتاده را شتابدار کرده و یک جریان الکتریکی سمتی با میدان مغناطیسی محوری ایجاد میکند. شکل گیری این جریان مدیون سرعت درون سوی پلاسما میباشد. بنابراین در میانه این پیکره حلقهای، پرک به شکل یک دیناموی خود جوش^{۱۲} میباشد (دینامو ابزاری است که از طریق حرکت یک کانداکتور درون یک میدان مغناطیسی با استفاده از نیروی XB تولید جریان می کند)، این دینامو می تواند قبل از اینکه توزیع و انتشار مواد صورت گیرد حرکت های مدور ایجاد نماید. (تصویر ۳). در یک دینام طبیعی، شار رسانش همرفتی از میان یک میدان مغناطیسی رویشی، منجر به میدان VxB می شود که تولید جریانی می نماید.



¹³ self-excited dynamo

شکل ۷:نحوه انتشار و شتاب گیری پلاسموی در طول موج ۱۷۱ آنگستروم حاصل از فیلتر دوبعدی بالا گذر ۱۵ دقیقه ای را نمایش میدهد. یک دینامو از جریان خودش برای ایجاد میدان مغناطیسی مورد نیاز بهره می برد، یک سیستم با توجه به میدان مغناطیسی رویش ناحیه ای، بیرونی می تواند تحت شرایط مساعد،تولید جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی بزرگتر کرده،و نهایتا پس از حذف میدان رویشی تبدیل به دینامی خود محافظ گردد،بنابراین این دینام دیسکی خودجوش (خود محرک) به محض اینکه میدان مغناطیسی رویشی یا استفاده گر حذف گردد،به صورت خود به خودی شروع به فعالیت می کند. در صورتی که مقدار نامحدودی مواد ورودی در شتاب دهنده وجود داشته باشد،هم جریان الکتریکی و هم میدان مغناطیسی به شکل نمایی با زمان بزرگ می شوند (البته در غیاب اتلاف اهمی و سایر موارد اتلافی)این مکانیزیم هم مشاهدات را (تصویر ۷) و هم اینکه مواد داغ تر درون پرکی مسیر بهتری برای شتاب دهی باد خورشیدی سریع از میان عنصر مغناطیسی مثل پرکھا ایجاد می کند، را تایید می کند.

ویتبور^{۱۴} (۱۹۸۳)،دفوریست و گورمان^{۱۵} (۱۹۹۸) چندین مورد از نوسانات ۱۰ تا ۲۰ درصدی شدت حاصله از پرکها را برای چند دقیقه با استفاده از تلسکوپ EIT/SOHO گزارش نموده اند (با استفاده از تلسکوپ تصویر برداری ماورای بنفش دور سوار بر فضاپیمای رصد خانه هلیوسفریکخورشیدی،این نوسانات شدت با سرعت میانگین کمتر از ۱۵۰ کیلومتر در ثانیه در فضا منتشر شدهو به شکل قطار موج با دوره تکرار ۳۰ تا ۲۵ دقیقه را نشان میدهند.

سرعت ظاهری این حباب شدت در لایه های کرومسفر (رنگین سپهر)از سرعت صوت بیشتر میباشد(سرعت صوت در کرومسفر حدود ۱۰کیلومتر بر ثانیه است)، بنابراین این نوسان نمی تواند به پالس فشاری ارتباطی داشته باشد. سرعت ظاهری نمودار شدن (تصویر ۵) با سرعت ساختار جت مانند فام سپهر قابل مقایسه است (۵۰ تا ۱۵۰ کیلومتر بر اساس مطالعه توابی و

¹⁴Withbroe (1983)

همکاران^۹). در تصویر (۱)، این وقایع دافعه را می توان در جذب برای خطوط داغ کرونا (۱۷۱ و ۱۹۳ آنگسترومی) مشاهده کرد همانطور که جس و همکارانش^{۱۷} در خط ۱۳۰۴ ابر سیخک(توابی و همکاران)^{۱۸} را مشاهده و امواج پیچی از نوع آلفون در بالای نقطه درخشان در خط بالمر گزارش کردند،حرکت پیچشی در تصویر لحظه ای تصویر (۷) نشان داده شده است،و تصویر (۸) نیز مقایسه ای بین سه خط مختلط AIA ماسل از کانال بسیار داغ ۱۷۱ درجه تا ناحیه گزار ۳۰۴ که کانال نسبتاً خنک تری است، را نشان می دهد تصویر (۹) بررسی زمانی فوران از کانال ۲۰۴ آنگسترومی که در جهت شعاعی به شکلی می دهد.گوپتا و همکارانش^{۱۹} شواهدی را از یک شتاب یافتند، که دال بر اینکه سرعت ظاهری را از ۴۰ کیلومتر بر ثانیه در بالای نقطه درخشان حفره کرونا تا ۱۵۰ کیلومتر در ثانیه در بالای

¹⁶Tavabi et al. (2011)
¹⁷Jess et al. (2009)
¹⁸Tavabi et al. (2013, 2014 and 2015)
¹⁹Gupta et al. (2010)

¹⁵DeForest&Gurman (1998)



شکل ٪ پوستر تصاویر متعلق به ۱۹۳،۱۷۱ و ۲۰۴ انگسترومی، مسیر زمانی پدیدهی گرد بادمانند (تورنادو) را در بخش پایهپرکهای مورد نظر را نشان میدهد.



شکل ۹: برشهای زمانی از تصاویر فیلتر شده فرکانسی دوبعدی در طول موج۴۰۰آنگستروم،در تصویر قبلی و پیکانهای آبی رنگ، مسیر پلاسمای جدا شده را نشان میدهد که با گذشت زمان منتشر شده و گسترش مییابد.



 $\left(\begin{array}{ccccccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 6 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 6 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 6 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 2 & 3 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 2 & 3 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 2 & 3 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 2 & 3 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 \\ \hline$

شکل ۱۰:برش عرضی از پرک قطبی (در کنار خط قرمز صفحه بالایی) دو قله قابل تمییز(تشخیص) با خطوط مواز که در تصویر لحظه ای نگاتیوی بالا دیده می شود منطبقند .

در تصویر ۱۰، قطر کلی پرک حدود ۶ ثانیه قوسیو پهنای نصف مقدار بیشینه(FWHM) هر قله که پهنای حلقه ای بیرونی را نشان

میدهند،تقریبا با ۱٫۳ ثانیه قوسی برابر و منطبق اند، و قطر داخلی نیز حدود ۳ ثانیه قوسی است. این پهنا،برای فواصل طولانی حتی بالای ۴۰ میلیون متر تقریبا ثابت مانده،پس از این ارتفاع یک گستردگی خطی کوچک را می توان در آسمان مشاهده کرد.



شکل ۱۱:قسمت های بالایی نتایج تجربی را برای پرک حلقه ای (تصویر چپ) و پرک حجمی (راست)یکنواختی توزیع شدت تصادفی را نشان میدهد و نمودارهای پایینی،با برشهای عرضی بالایی شان منطبق اند.

برای نمایش تفاوت های بین پرکهای حجمی و دایرهای از آزمایشی عددی بهره بردیم که از روش ریاضیات مقدماتی استفاده میکرد ما نتایج پرکهای دایرهای و حجمی را در تصویر ۱۱ می بینیم،این نتایج با استفاده از یک توزیع تصادفی یکنواخت از حجم تون به دست آمده اند نتایج این آزمایش مدل حلقه ای پرک پا که در تصویر ۱۲ نشان داده شده اند را تایید می کند.



شکل۱۲:شکل طرح وار و کارتونی پرک حلقه ای، با یک مقایسه نوعی بین مقیاس های عمق مسیر نوری و قطب کل پرک حلقه ای.

در این مطالعه ریخت شناسی و پارامترهای دینامکی پرکهای قطبی را بر اساس داده های با قدرت تفکیک (رزولوشن فضایی)

بالای AIA ارائه نمودیم (الف) چندین واقعه دافعه را در بخش پایه ای پرک به دام افتاده و بر روی آن رانده میشود(ب) مکانیزمی شتابی مبنی بر حرکت دایره ای پلاسمای یونیزه شده درون دیواره محاط کننده پلاسما یافتیم (ج) و نهایتا،شواهدی دال بر ساختار حلقه ای پرکها حداقل در درصد بالایی از پلاسمای فوران یافته ای که به درون مرزهای سیلندری دایرهای میان سطحی و نزدیک دیواره پلاسما حرکت میکنند نشان دادیم وجود يا علامت وجود حلقه در اطراف پلاسما بسيار اميد بخش بوده و انتشار و انتقال مکانیزیم توده ای انرژی را از سطح خورشيد به كرونا به وسيله انواع مختلط موج ها (غالبا امواج آلفون) تغيير مىدهد. اين مسئله مى تواند براى تعيين دقيق چندین پارامتر پلاسمایی مهم و یافتن مشخصه های مغناطیسی با استفاده از روش های زلزله سنجی – خورشیدی ۲۰، بسیار اثرگذار و کارآمد باشد معمولا نواحی پرک قطبی به دو منطقه تقسیم بندی میشوند،پرکها و نواحی درون پرکها طبق یافته های این مطالعه حداقل برخي پركها توخالي هستند.

در نهایت باید گفت که این مشاهدات نشان میدهند که فوران پلاسما از سطح بالایی جو نسبتاً داغ خورشید به سرعت با میدان اطراف برخورد کرده و منجر به اتصال مجدد مغناطیسی^{۲۱} بین لوله های پلاسموئید^{۲۲} (لوله های چرخشی پیچش یافته^{۳۲})و میدان های اطراف می شودو در نهایت تبدیل به یک فواره چرخان(یا جت گردبادی)میشود، جت های داغی با غلظت بالا (شار تبخیری^{۲۴})در کنار خطوط میدانمغناطیسی و فوراههای چرخان ماورای بنفش دور،این نوع پدیده ها پیش از این مورد توجه ماتسوموتو و همکارانش^{۲۵} قرار گرفته است، همچنین خاطر نشان می شویم که چنین چرخشهای مغناطیسی واتابیده فوراهها یا جت های مغناطیسی می توانند امواج مگنتوآکوستیکی وآلفن پیچشی را در امتداد فواره ها منتشر نماید،که در داده های

²⁰helio-seismology
²¹magnetic reconnection
²²plasmoids
²³helically twisted tubes
²⁴evaporation flow
²⁵Matsumoto et al. (2000)
²⁶AIA

منابع

[17] Withbroe, G. L. 1983, sol. Phys., 89, 77.

[17]Lorrain, P. and Koutchmy, S. 1996, Solar Phys., 165, L115

- [14] Tavabi, E., Koutchmy, S., and Ajabshirzadeh, A., 2011, New Astron. 16, 296.
- [14] Jess, D.B., Mathioudakis, M., Erd'elyi, R., Crockett, P.J.,
- Keenan, F.P., Christian, D.J. 2009, Science, 323, 1582
- [17]Tavabi, E., Koutchmy, S., and Ajabshirzadeh, A., 2013, Sol. Phys. 283, 187.
- [1Y] Tavabi, E., 2014-a, Astrophysics and Space Science, 350, 489.
- [1A]Tavabi, E., Koutchmy, S., et al. 2015, Astron.
- Astrophys.Volume 573, id.A4,
- [19]Gupta, G.R., Banerjee, D., Teriaca, L., Imada, S., Solanki, S. 2010, ApJ, 718, 11
- [^Y•] Matsumoto, R., Tonooka, H., Tajima, T., Chou, W.,
- Tavabi, E., 2014-b, Astrophysics and Space Science, 352, 43.
- [1]Wilhelm, K., Dammasch, I.E., Marsch, E. and Hassler, D.M. 2000, A&A, 353, 749 [^Y]Wilhelm, K., Abbo, L., Auchère, F., Barbey, N., Feng, L., Gabriel, A. H., Giordano, S., Imada, S., Llebaria, A., Matthaeus, W. H., and 5 coauthors 2011, A&A Rev., 19, 70 [^r]Gabriel, A. H., Bely-Dubau, F. and Lemaire, P. 2003, ApJ, 589, 623 [^{*}] Golub, L., Lamy, Ph., and 6 coauthors 2012, EAS Publications Series, 55, 223 [^Δ]DeForest, C.E., Gurman, J.B. 1998, ApJ, 501, L217 [⁷]Shibata, K., 2000, Advances in Space Research, 26, 543 [^V]Del Zanna, L., Bromage, B.J.I. and Mason, H.E. 2003, A&A, 398, 743 [^A]Wilhelm, K., Dwivedi, B.N., Curdt, W. 2010, Astrophys Space SciProc, pp 454-458, Springer, Berlin Heidelberg [9]Raouafi, N.E., Petrie, G.J.D., Norton, A.A., Henney, C.J., Solanki, S.K. 2008, ApJ, 682, L137
- [1.] Newkirk, G. Jr. and Harvey, J. 1968, 3, 321
- [11] Del Zanna, L., Hood, A.W. and Longbottom, A.W. 1997, A&A, 318, 963