

اسرار نورهای شمالی

پال برک
ترجمه ناصر مقبلی

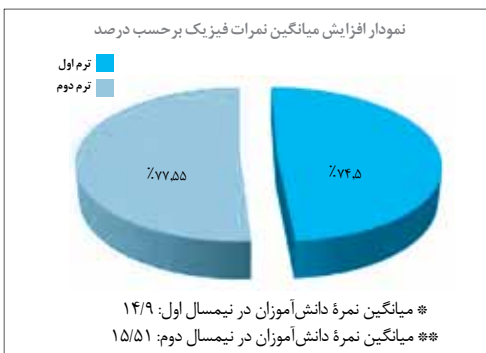
کلیدواژه‌ها: خورشید، نورهای شمالی، شفق‌ها، مغناطیس سپهر، دنباله مغناطیسی

پس از قرن‌ها شگفت‌زدگی از جلوه‌های تماشایی و پرهیبت شفق‌های قطبی، بسیاری از موارد ابهام در مورد آن‌ها برای مردمان حل شده است.

اولین توضیح تفصیلی از ورقه‌های خیال‌انگیز نور که از آسمان شمالی آویزان است در کتاب آینه پادشاه دیده می‌شود که وقایع‌نگاری روزی در حدود سال ۱۲۳۰ بعد از میلاد احتمالاً به صورت رساله‌ای برای یک فرمانروا نوشته است. مؤلف چندین سطر را به توصیف درخشش عجیب مشاهده شده توسط وایکینگ‌ها اختصاص داده است، ولی تصدیق می‌کند که هیچ کس دلیل وجود چنین پدیده‌ای را نمی‌داند، (در میان نظریه‌های ارائه شده وجود آتش‌هایی است که در لبه جهان وجود دارند و از خورشید پرتو می‌گیرند و زیر افق پنهان هستند) تنها از حدود یک قرن پیش بود که مردمان به ارتباط مستقیم‌تری با خورشید پی بردند. امروزه می‌دانیم که این نورها که برای اولین بار توسط گالیلئو گالیله شفق قطبی شمالی یا «سپیده شمالی» نامیده شد وقتی رخ می‌دهند که توفان‌هایی از ذرات باردار پرنرژی در لایه مغناطیسی محافظ زمین رخنه می‌کنند و به جو سیاره برمی‌خورند. ولی رفع ابهام از این کشف دهه‌ها طول کشید. و حتی امروزه نیز هنوز با اسرار نور شمالی دست به گریبان هستیم. چیزی که در مورد این نمایش‌های وهم‌آمیز کشف شده است فقط زیبایی روبه‌افزایش آن‌هاست.



▲ کریستین بریکلند شفق قطبی را هم در طبیعت و هم در آزمایشگاه خود مطالعه می‌کند. در اینجا او با تولا (به معنی زمین کوچک) دیده می‌شود که کره‌ای مغناطیسه درون یک جعبه خلا است.



بیان مطالب اخلاقی برای دانش‌آموزان

استادی در شروع کلاس درس، لیوانی پر از آب به دست گرفت. آن را بالا گرفت که همه ببینند. بعد از شاگردان پرسید:
- به نظر شما وزن این لیوان چقدر است؟
شاگردان جواب‌های متفاوت دادند:
۵۰ گرم، ۱۰۰ گرم، ۱۵۰ گرم و ...

استاد گفت: من هم بدون وزن کردن، نمی‌دانم دقیقاً وزنش چقدر است. اما سؤال من این است که اگر من این لیوان آب را چند دقیقه همین‌طور نگه دارم، چه اتفاقی خواهد افتاد؟
شاگردان گفتند: هیچ اتفاقی نمی‌افتد.
استاد پرسید:

خوب، اگر یک ساعت همین‌طور نگه دارم، چه اتفاقی می‌افتد؟
یکی از شاگردان گفت: دست‌تان کم‌کم درد می‌گیرد.
حق با توست... حالا اگر یک روز تمام آن را نگه دارم چه؟
شاگرد دیگری گفت: دست‌تان بی‌حس می‌شود. عضلات آن به شدت تحت فشار قرار می‌گیرند و فلج می‌شوند. و مطمئناً کارتان به بیمارستان خواهد کشید؛ و همه شاگردان خندیدند.
استاد گفت: خیلی خوب است. ولی آیا در این مدت وزن لیوان تغییر کرده است؟

شاگردان جواب دادند: نه
پس چه چیز باعث درد و فشار روی عضلات می‌شود؟ و من چه باید بکنم؟

شاگردان گیج شدند. یکی از آن‌ها گفت: لیوان را زمین بگذارید.
استاد گفت: دقیقاً! مشکلات زندگی هم مثل همین است.
اگر آن‌ها را چند دقیقه در ذهن‌تان نگه دارید اشکالی ندارد. اما اگر مدت طولانی‌تری به آن‌ها فکر کنید، به درد خواهند آمد، و اگر بیشتر از آن نگه‌شان دارید فلج‌تان می‌کنند و دیگر قادر به انجام کاری نخواهید بود.

بعد گفت: فکر کردن به مشکلات زندگی مهم است. اما مهم‌تر آن است که در پایان هر روز و پیش از خواب، آن‌ها را زمین بگذارید. به این ترتیب تحت فشار قرار نمی‌گیرند، هر روز صبح سر حال و قوی بیدار می‌شوید و قادر خواهید بود از عهده هر مسئله و چالشی که برایتان پیش می‌آید، برآیید!
دوست من، یادت باشد که لیوان آب را همین امروز زمین بگذاری.

زندگی همین است!

پی‌نوشت‌ها

۱. طرح درس تصویری: یک موضوع درسی، برای بیان بهتر و ملموس‌تر مسئله و بیان راهکارهای عینی‌تر به صورت طراحی و نقاشی روی تابلوی کلاس کشیده می‌شود.
۲. جورچین: سه تکه طرح‌دار چوبی است که در کنار هم یک شکل کامل را تشکیل می‌دهند و برای آموزش بهتر رسم‌ها از جمله رسم تصویر در آینه‌ها مناسب‌اند.
۳. کارپوشه عبارت است از پرونده تمام فعالیت‌های انجام شده توسط دانش‌آموز در طول سال تحصیلی، شامل اوراق امتحانی و ارزشیابی آن توسط معلم و اولیای دانش‌آموزان. خلاصه درس‌ها، تست‌های مربوط به هر درس، گزارش آزمایشگاهی، برگه ارزشیابی انضباطی، کار گروهی و حل تمرین که هر ماه باید مورد بازبینی معلم و اولیا قرار گیرد.

منبع

قاسمی پویا، اقبال، راهنمای معلمان پژوهنده، تهران: نشر مؤلف، ۱۳۲۴.



سرعت نوعی ۱/۵ میلیون کیلومتر بر ساعت (۹۳۰/۰۰۰ مایل بر ساعت)، تقریباً ۴۰ برابر سریع‌تر از فضاپیمایی که باید از گرانش زمین فرار کند، به منظومه شمسی می‌وزند. توفان‌های شدید باد خورشیدی می‌توانند با دو برابر این سرعت حرکت کنند.



▲ الکترون‌هایی که به کره فلزی مغناطیده شلیک می‌شوند توسط میدان مغناطیسی گرفته شده و به ناحیه‌های قطبی کره کشیده می‌شوند و ویژگی‌هایی نظیر شفق قطبی ایجاد می‌کنند.

الف

▶ نیمه توفان وقتی پیش می‌آید که دنباله مغناطیسی زمین کنده می‌شود. ابتدا، جرم تاج بیرون رانده شده به مغناطیس سپهر طرف روز کوبیده می‌شود (الف). این برخورد ذرات، انرژی مغناطیسی را به طرف شب سیاره می‌فرستد (ب). تغییرات دنباله مغناطیسی را فشرده می‌کند (پ) و سرانجام باعث پیوند دوباره مغناطیسی می‌شود، که گرما و انرژی آزاد می‌کند (ت). این پیوند دوباره ذرات را به طرف زمین پرتاب می‌کند و در آنجا ورقه‌های از پلاسما تشکیل می‌شود (ث). از آنجا ذرات با جو بالایی زمین برهم‌کنش می‌کنند و شفق قطبی را به وجود می‌آورند (ج). ویدئوی آن را در skypub.com/auroasci ببینید.

در سال ۱۸۹۶ در شناخت امروزی ما از شفق قطبی تحول بزرگی توسط دانشمند نروژی کریستین بریکلند^۱ (۱۹۱۷-۱۸۶۷) صورت گرفت؛ کسی که پیشنهاد کرد ذرات باردار حاصل از خورشید وقتی میدان مغناطیسی زمین آن‌ها را به طرف ناحیه‌های قطبی بکشند می‌توانند شفق‌های قطبی را به وجود آورند.

بریکلند اولین کسی نبود که ارتباط با ذرات خورشیدی را پیشنهاد کرد، ولی چیزی که کار او را متمایز می‌کرد اساس آن در آزمایش‌های کنترل شده بود. او برای اثبات نظریه‌اش، «جهان در جعبه شیشه‌ای» یا ترلا را ساخت که یک اتاقک خلأ بود که در آن کره فلزی مغناطیده کوچکی (به جای زمین) قرار داشت که با الکترون‌های ورودی به جعبه بمباران می‌شد. میدان مغناطیسی سیاره مدل او این ذرات را می‌گرفت و آن‌ها را به ناحیه‌های قطبی کره هدایت می‌کرد که در آن درخشش‌هایی نظیر شفق به وجود می‌آمدند.

بر اساس این کار، و نیز عزیمت‌های گسترده زمین مغناطیسی که نشان‌دهنده فعالیت غیرشفقی سد نشده در اطراف قطب‌ها بود، بریکلند به این نتیجه رسید که «پرتوهای ذرات الکتریکی گسیل شده از خورشید مدام سیاره ما را بمباران می‌کنند». امروزه این ذرات باردار را باد خورشیدی می‌نامیم. ولی به رغم اهمیت این کار در گذشته، بسیاری از نظرات بریکلند تا عصر فضا تأیید نشدند. از آن موقع بسیاری از اسرار شفق برملا شده است.

پیامی از خورشید

نورهای شمالی به شکل‌ها و ساختارهای گوناگونی به نمایش درمی‌آیند که می‌توانند طی دقایقی به طرز شگفت‌انگیزی جابه‌جا شوند. عادی‌ترین نوع آن نظیر ورقه‌های پرده مانده است که حرکت می‌کند و نظیر چین‌های شبرنگی از ابریشم در آسمان سوسو می‌زند. این نقش‌ها یک جلوه دیداری از باد خورشیدی است که با میدان مغناطیسی زمین مواجه می‌شود.

باد خورشیدی بیشتر شامل الکترون‌ها و پروتون‌هایی است که از جو بیرونی خورشید به فضا جریان می‌یابند. این ذرات با

این توفان‌ها گاهی با فوران‌های گاز خورشیدی زیادی همراه‌اند که خروج جرم تاجی یا CMEs نامیده می‌شوند، که حباب‌های عظیمی از گاز یونیده در فضا گسیل می‌کنند. این حباب‌ها می‌توانند سرعت‌هایی متجاوز از ۸ میلیون کیلومتر بر ساعت داشته باشند.

لایه مغناطیسی محافظ و نامرئی زمین از ما در مقابل این ذرات محافظت می‌کند. باد خورشیدی بر این مغناطیس سپهر می‌کوبد، و آن را به سوی طرف روز زمین متراکم می‌کند و به صورت دنباله درازی به طرف شب می‌کشد تا دنباله‌ای در مقیاس سیاره به شکل یک پیله مغناطیسی به وجود آید.

ضعیف‌ترین مکان‌های این محافظ نوک‌های قطب هستند، دو ناحیه‌ای که بالای قطب‌های مغناطیسی سیاره قرار دارند. ذرات ناشی از باد خورشیدی می‌توانند از نوک‌ها به طور مستقیم به لایه بالایی جو زمین برسند و شفق طرف روز را به وجود آورند

که برای ما مرئی نیستند، بعضی از ذرات نیز وارد دنباله مغناطیس سپهر می‌شوند (در طرف شب) و به طرف زمین فشرده می‌شوند که در آنجا شفق (تمام روز) را به وجود می‌آورند که دور قطب‌های مغناطیسی می‌چرخد.

ذرات باد خورشیدی نیز وقتی CMEs به داخل مغناطیس سپهر برخورد می‌کنند، با روش‌های سخت‌تری افزایش بیشتری به دست می‌آورند. این برخورد توفان‌های زمین مغناطیسی را به وجود می‌آورد، اغتشاش‌هایی جهانی که در آن‌ها CME میدان را متراکم می‌کند، و اندازه طرف روز را تقریباً ۴۰٪ کاهش می‌دهد. تمامی مغناطیس سپهر در طی این توفان‌ها مختل می‌شود و حتی عقربه قطب‌نما از وضعیت درست خود منحرف می‌گردد.

ولی خود ذرات خورشیدی باعث باد و توفان فضایی شدید نمی‌شوند. آن‌ها با فرایندهای مغناطیسی به انرژی نیاز دارند. توفان‌های زمین مغناطیسی به شدت به چگالی گاز و ساختار میدان مغناطیسی موجود در CME بستگی دارند. میدان مغناطیسی خورشید در فاصله نزدیک از ستاره ما محدود نشده است، باد خورشیدی؛ این میدان را در تمامی منظومه شمسی پخش می‌کند. ما میدان مغناطیسی ادامه یافته تا خورشید را میدان مغناطیسی میان سیاره‌ای (IMF) می‌نامیم. چون خورشید می‌چرخد (یک دور در هر ۲۵ روز در استوا)، در واقع IMF شکلی مارپیچی دارد- به نام «مارپیچ پارکر» به احترام یوجین پارکر اختر فیزیک‌دان امریکایی که اولین بار آن را توضیح داد. خورشید در مرکز این مارپیچ قرار دارد.

IMF با میدان مغناطیسی زمین در مغناطیس مرز (مرز مغناطیس سپهر و پلاسما) برخورد می‌کند و در اینجاست که توان توفان معین می‌شود. میدان مغناطیسی زمین در طرف روز متوجه شمال است، ولی سمتگیری IMF اغلب تغییر می‌کند. اگر IMF به طرف شمال باشد، با میدان مغناطیسی زمین برهم‌کنش کمی دارد: دو میله مغناطیسی هم‌خط شده یکدیگر را دفع می‌کنند، از این‌رو CME اصولاً به دور مغناطیس سپهر زمین می‌لغزد.

ولی اگر IMF به طرف جنوب باشد، مخالف میدان مغناطیسی زمین، دو میدان به هم وصل می‌شوند. این اتصال پیوند دوباره مغناطیسی نامیده می‌شود و وقتی پیش می‌آید که خط‌های نیروی مغناطیسی آرایش‌های جدیدی به خود می‌گیرند و گرما و انرژی آزاد می‌کنند (ترتیب زمانی در تصاویر را ببینید). فرایند میدان زمین در طرف روز را باز می‌کند و می‌گذارد تا ذرات و انرژی مغناطیسی وارد مغناطیس سپهر شوند. سپس این انرژی به طرف شب حرکت می‌کند و دنباله مغناطیسی را می‌کشد، سرانجام باعث باریک‌تر شدن آن شده و در رویدادی به نام نیمه توفان به سیاره برمی‌گردد. وقتی این نیمه‌توفان پیش بیاید ذرات باد خورشیدی را به طرف ناحیه‌های قطبی زمین می‌فرستد.

نیمه توفان‌ها شفق روشنی را که می‌بینیم ایجاد نمی‌کنند.

ورقه‌های بزرگی از جریان الکتریکی در بالای جو زمین به ذرات شتاب بیشتری می‌دهد. این شتاب به چگونگی عقب کشیدن و کوبیدن دنباله مغناطیسی به میدان زمین در نزدیکی مدار زمین همگام بستگی دارد (۶/۶ شعاع زمین، خیلی نزدیک‌تر از کنده شدن نیمه‌توفان که تقریباً در ۲۰ شعاع زمین صورت می‌گیرد). این فرایند مانند لامپ پرتوی کاتدی تلویزیون‌های قدیمی است: یک سیم الکتریکی (پدیده عقب کشیدن مغناطیسی) الکترون‌ها را به تفنگ الکترونی می‌آورد (ورقه‌های جریان)، که الکترون‌ها را به صفحه TV (جو) پرتاب می‌کند.

این ذرات تقویت شده با برخورد با اتم‌ها که عمدتاً نیتروژن و اکسیژن هستند نورهای شمالی را به‌وجود می‌آورند. این برخوردها نوعاً در ارتفاع‌های بین ۸۰ و ۳۰۰ کیلومتر صورت می‌گیرند- که خیلی بالاتر از پدیده باد و توفان است که غالباً در ۲۰ کیلومتر اول بالای سطح پیش می‌آید. برخوردها انرژی را به اتم‌ها منتقل می‌کنند و باعث می‌شوند تا آن‌ها در طول موج معینی نور گسیل کنند.

اتم‌های اکسیژن نور سبز و قرمز روشن تولید می‌کنند، که دو رنگ غالب در شفق هستند. گسیل قرمز در اکسیژن در ارتفاع‌های بالا صورت می‌گیرد، از این رو روشن‌ترین قسمت پرده شفق معمولاً قرمز است. مولکول‌های نیتروژن نور آبی رنگ و قرمز پرنور تولید می‌کنند.

درست نمی‌دانیم که چرا شفق‌ها چنین شکل‌هایی را دارند. ولی می‌دانیم که پرده‌های شفق و ساختارهای دانه مانند آن‌ها پس از کنده شدن دنباله مغناطیسی ظاهر می‌شود. پرده‌های ضخیم شفق که گاهی ده‌ها کیلومتر کشیده شده است از ورقه‌های بزرگ مقیاس جریان الکتریکی ناشی می‌شود که به ذرات به طرف پایین شتاب می‌دهند. طول شفق‌ها احتمالاً به فعالیت مغناطیس سپهر بستگی دارد، و موج‌های مغناطیسی کوچک‌تر ممکن است به ذرات انرژی دهند تا پرده‌های باریک‌تر (به پهنای یک کیلومتر) را پدید آورند. ولی غیر از این‌ها، این شکل‌ها هنوز از اسرارند.

به آزمون نهادن شفق‌ها

امروزه نورهای شمالی را هم از زمین و هم از فضا مورد مطالعه قرار می‌دهند. تعداد زیادی دوربین‌های تمام آسمان و ابزارها این پدیده را در بسیاری از کشورهای شمالی مورد مطالعه قرار داده‌اند. این نقشه‌برداری‌ها از جمله با پخش ناهمدوس رادارها صورت می‌گیرد، نظیر رادارهای بزرگ انجمن علمی اروپایی پخش ناهمدوس در مجمع الجزایر نروژی اسوالبارد. همچنین در اسوالبارد پایگاه‌های جدید رصدخانه کجل هنریکسن^۴ در سال ۲۰۰۸ و نیز بزرگ‌ترین رصدخانه مربوط به شفق از این نوع با ۳۰ اتاقک ابزار به شکل گنبد در بالا گشایش یافته است. در اینجا دانشمندان از اطراف جهان می‌توانند با ابزارهای مؤسسه‌های کشور خود از فاصله دور کار کنند.

مرزهای شمالی به شکل‌ها و ساختارهای گوناگونی به نمایش درمی‌آیند که می‌توانند طی دقایقی به‌طور شگفت‌انگیزی جابه‌جا شوند

شدیدترین شفق‌ها در اروپا بین ۸ شب و ۲ صبح به وقت محلی و در آمریکای شمالی بین نیمه‌شب تا ۴ صبح رخ می‌دهند

مطالعات، ماهواره‌های اطلاعات جدید زیادی را از برهم‌کنش باد خورشیدی، مغناطیس سپهر، و جو به‌دست داده‌اند. در سال ۲۰۰۷ در تاریخ زمانی رویدادها و برهم‌کنش‌های کلان مقیاسی در طی نیمه توفان‌ها (THEMIS) در پرواز فضایی مربوط به ناسا همراه با زنجیره‌ای از دوربین‌های زمینی، چندین کشف جدید در مورد فوران‌های شفق به علت انرژی آزاد شده موقع کنده شدن دنباله مغناطیس سپهر به دست آمده‌اند. دانشمندان که در بیشتر از یک قرن این رویدادها را بررسی کرده‌اند از مشاهدات جدید حیرت‌زده شدند. شفق روشن شده بود و با دو برابر سرعتی که ممکن بود تصور شود حرکت می‌کرد، در جو به طرف غرب می‌رفت و در کمتر از ۶۰ ثانیه تمامی منطقه زمانی را می‌پیمود. توان الکتریکی تلف شده توسط جریان‌هایی از الکترون‌های پرنرژی نیز قابل ملاحظه است - ۵۰۰ تریلیون ژول، معادل انرژی زلزله‌ای با بزرگی ۵/۵ ریشتر.

THEMIS همچنین کمک کرد تا راز دیرپای مغناطیس سپهر روشن شود. قبلاً باعث تعجب بود که چگونه این تعداد ذرات پرنرژی درون مغناطیس سپهر رفت‌وآمد می‌کنند، زیرا ضعیف شدن نوک امکان این تعداد را نمی‌دهد. با مشاهدات توسط پنج فضایی THEMIS شواهدی به دست آمد که نشان می‌داد ارتباط بین مغناطیس سپهر و باد خورشیدی با انفجارهای کوتاهی حاصل می‌شود. این‌ها دسته‌هایی عظیم، پیچ‌خورده و طناب مانند از میدان مغناطیسی‌ای هستند که جو بالای زمین را مستقیماً به باد خورشیدی وصل می‌کنند. وقتی این طناب‌ها به باد وصل شدند - به‌طور میانگین در هر ۸ دقیقه - ذرات می‌توانند در مغناطیس سپهر رفت‌وآمد کنند. سپس طناب‌ها به بالا و زیرزمین به طرف شبانه کشیده می‌شوند، جایی که انرژی آن‌ها حدود ۳۰ دقیقه بعد در طی یک نیمه توفان آزاد می‌شود. مشاهده‌های اخیر با ماهواره‌های کلاستر ESA حاکی از آن است که مغناطیس سپهر بیش از یک محافظ نظیر یک غربال است، گاهی امکان می‌دهد تا باد خورشیدی به درون آن جریان یابد.

THEMIS همچنین کمک کرده است تا بفهمیم کجا ذرات خورشیدی که وارد دنباله مغناطیس سپهر می‌شوند افزایش انرژی خود را به دست می‌آورند. در سال ۲۰۱۱ پژوهشگران دریافتند که بیشتر شتاب ذرات خیلی نزدیک‌تر به زمین پیش می‌آید تا کنده شدن دنباله که در ابتدا ذرات را به سیاره پرتاب می‌کند. در عوض، ذرات موقع گذشتن از میدان‌های مغناطیسی در حال تغییر انرژی به‌دست می‌آورند که انرژی ذرات ده برابر افزایش می‌یابد. ولی جریان‌های الکتریکی بالای زمین هنوز اثر نهایی را دارند که به شفق‌ها می‌انجامد.

مشاهدات تازه در ورای نور به مطالعات شنودی نیز پرداخته‌اند. افراد زیادی گفته‌اند که در طی نمایش شفق صداهای ترق تروقی را شنیده‌اند که اغلب با پدیده‌های حرکتی همگام هستند. در واقع، مردم سامی (Sami People) در نروژ

چیزی که اسوالبارد را متمایز می‌کند این است که پایگاه آن در طی روز مستقیماً زیر نوک قطب شمالی قرار دارد. در اینجا، ذرات باد خورشیدی می‌توانند بدون در مسیر دنباله مغناطیسی قرار گرفتن نظیر شفق شب هنگام وارد جو شوند. برای دهه‌ها، رصدخانه‌های زمینی شفق پیچیده و پرنرژی را آشکار کرده‌اند. فناوری دوربین‌های جدید به پژوهشگران این امکان را داده است تا دسته تصویرهایی زمانی با توان تفکیک بالا به دست دهند که ساختارهای نازک با پهنای کمتر از ۱۰۰ متر و نیز نقش‌هایی را نشان می‌دهند که می‌توانند در کسری از ثانیه پدیدار و ناپدید شوند. هنوز هیچ اتفاق نظری در مورد فرایندهای پشت این شکل‌های کوچک مقیاس وجود ندارد.



▲ ابزارهای نظاره‌گر شفق از درون ۳۰ گنبد که درون پشته‌ای از برف و یخ در رصدخانه کجیل هنریکسن در اسوالبارد قرار گرفته‌اند.

موشک‌های پرتاب‌شده از فیرینکز^۵ در آلاسکا، اسوالبارد و آندویا^۶ (بیرون از سرزمین اصلی نروژ) به طرف شفق بوده‌اند و می‌توانند در واقع ویژگی‌های فیزیکی آن را اندازه بگیرند. حتی از بالاتر، ماهواره‌ها منظره‌های جهانی از شفق بیضی شکل که حلقه‌ای از نور به دور هر قطب زمین مغناطیسی است به‌دست می‌دهند. دانشمندان در سال ۲۰۰۹ در دانشگاه برگن در نروژ تصویرهایی ماهواره‌ای از شفق را به نمایش گذاشتند که همزمان از بالای نروژ و نیمکره جنوبی گرفته شده بودند. این تصویرها نشان می‌دادند که شفق‌ها در دو نیم‌کره می‌توانند کاملاً نامتقارن باشند، که این با فرض عمومی (بریکلند و دیگران) که شفق شمالی و شفق جنوبی تصویرهای آینه‌ای یک‌دیگرند در تناقض است.



▲ خروج جرم تابع آزاد شده از خورشید در ۲۳ ژانویه ۲۰۱۲ شفق تماشایی را در شب پس از آن به‌وجود آورده است، مؤلف این عکس را در شهر نروژی ترومسو گرفته است.



▲ جنوبی‌ترین بخش جزیره ترومسویا یک مکان عمومی برای مشاهده شفق است (درخشنده‌ها به صورت لکه‌های سببایی در بندرگاه دیده می‌شوند. مؤلف این عکس از نورهای شمالی را در ۲۴ ژانویه ۲۰۱۲ گرفته است.

بالا و پایین رفتن‌های طولانی مدت

نورهای شمالی با چند مقیاس زمانی تغییر می‌کنند. بسامد شفق‌های شدید به سطح کلی فعالیت خورشیدی بستگی دارد که یک دوره ۱۱ ساله دارد. خورشید نیز دوره‌های طولانی‌تری نشان می‌دهد که بر شفق تأثیر دارد، و در چند قرن اخیر افزایش در فعالیت خورشیدی مشاهده شده است. از این رو، امروزه مردمان نسبت به قرن‌های اولیه نورهای شمالی بیشتری را می‌بینند. اینکه نورهای شمالی در آینده بسامد بیشتری یا کمتری خواهند داشت نامعلوم است. این امر بستگی به این دارد که در قرن بعد خورشید چه خواهد کرد. بررسی‌های اخیر حاکی از آن است که ما به بیشینه فعالیت خورشیدی رسیده‌ایم و خورشید دوباره به سمت دوره آرام‌تری خواهد رفت - اگر چه نه الزاماً آرامشی نظیر رکورد معروف ۱۶۴۵ تا ۱۷۱۵، که لکه‌های خورشیدی به‌ندرت ظاهر می‌شدند و وقتی که شفق به کلی از دید بسیاری از مردم پنهان می‌شد.

ولی حتی اگر خورشید آرام شود هنوز شفق‌های خوبی وجود خواهند داشت. در طی دوره آرامش، اغلب حفره‌هایی نزدیک استوای خورشید در بیرونی‌ترین لایه جوی به‌نام تاج ظاهر



▲ این تصویر مرئی و فرورسرخ ماهواره یک پرده شفق دالبردار را نشان می‌دهد که چند روز پس از اینکه خورشید فوران جرم تابع را رها کرده است در ۸ اکتبر سال ۲۰۱۲ در ناحیه‌ای در امریکای شمالی گرفته شده است.

نورهای شمالی را نوری که می‌توان شنید می‌نامند. چون شفق دست کم در ۸۰ کیلومتری بالای سطح و در نزدیک خلأ پیش می‌آید، برای صوت ناممکن است که از محل گسیل به پایین به طرف زمین حرکت کند.

کجا و کی نورهای شمالی را می‌بینیم؟

شفق قطبی درون یک بیضی‌شکل حدود ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلومتر پهنا به مرکز قطب‌های زمین مغناطیسی روی می‌دهد. آن‌ها شب و روز در تمامی سال رخ می‌دهند ولی فقط از زمین در طی شب‌های تاریک و آسمان صاف دیده می‌شوند زیرا نور روز آن‌ها را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. پهنای بیضی‌شکل در طی توفان‌های زمین مغناطیسی گسترش می‌یابد و به طرف لبه دورتر جنوب حرکت می‌کند.

در بخش‌های شمالی نروژ شفق تقریباً در هر شب صاف دیده می‌شود. ولی بخش شمالی نروژ در همان ارتفاع بارو در آلاسکا، بنابراین لازم است در امریکای شمالی کاملاً به طرف شمال حرکت کنیم تا شفق به دفعات دیده شود. وقتی خورشید فعال است (مثل حالا)، نورهای شمالی در هر سال ۱۰ تا ۱۵ بار در بالای قاره آمریکا و چندین بار در ایالت‌های میانی ظاهر می‌شود. توفان‌های خورشیدی بسیار شدید گاهی شفق را کاملاً پایین به سمت فلوریدا، نظیر مورد جولای ۲۰۰۰ می‌رانند.

شدیدترین شفق‌ها اغلب در اروپا بین ۸ شب و ۲ صبح به وقت محلی و نیمه شب تا ۴ صبح در امریکای شمالی روی می‌دهند. بهترین دوره، از سپتامبر تا آوریل در وقتی است که شب‌ها تاریک است. شفق‌های شدید بیشتر در اطراف اعتدالین است، بهترین موقع برای مشاهده، سپتامبر و اکتبر، مارس و آوریل است. پژوهشگران بر اینکه اعتدالین زمان شفق اولیه هستند توافق ندارند، ولی پاسخ می‌تواند متضمن این باشد که چگونه حرکت سالانه محور چرخش زمین در جهت دور و نزدیک شدن به خورشید روی برهم‌کنش میدان‌های مغناطیسی خورشیدی و زمینی تأثیر می‌گذارد.

این زمستان برای شکار کردن شفق بسیار خوب است زیرا انتظار این است که فعالیت خورشیدی در ۲۰۱۳ به اوج برسد و در دو سال پیش رو بیشینه فعالیت خورشیدی اغلب شدیدترین شفق‌ها را ایجاد می‌کند. این بدان معناست که ممکن است چندین امکان برای روی دادن شفق در ارتفاع‌های پایین‌تر در سه سال بعدی وجود داشته باشد.

برای برنامه‌ریزی سفر از شهر با نور زیاد و ماه کامل اجتناب کنید و محلی تاریک با منظره صاف از افق شمالی را پیدا کنید. قبل از حرکت فعالیت خورشیدی را بررسی کنید. چندین ماهواره در ۲۴ ساعت روز خورشید را در دید دارند و با زیر نظر داشتن خورشید و اندازه‌گیری سرعت ذرات باد خورشیدی درست بیرون مغناطیس سپهر، دانشمندان می‌توانند شدت و محل شفق را در یکی دو روز آینده پیش‌بینی کنند.

خواهند شد. در این حفره‌ها خط‌های میدان مغناطیسی خورشید به فضا کشیده می‌شوند و باعث می‌شوند که باد خورشیدی با سرعتی بیشتر راحت‌تر رها شود. اگر حفره تاج به طرف زمین باشد، توفان باد خورشیدی چند روز بعد به ما خواهد رسید. هیچ تغییر واقعی در فعالیت شفق ناشی از میدان مغناطیسی زمین نیست. بیضی شکل شفق حلقه‌ای به دور قطب زمین مغناطیسی زمین ایجاد می‌کند. برخلاف قطب مغناطیسی که در آنجا عقربه مغناطیسی عمودی قرار می‌گیرد، قطب زمین مغناطیسی محل برخورد سطح زمین با میله مغناطیسی فرضی است.

اخیراً گروهی از دانشمندان فنلاندی ادعا کرده‌اند که توضیحی برای این تناقض به دست آورده‌اند. آن‌ها در طی یک فعالیت شفقی شدید از سه بلندگو در روی زمین استفاده کردند تا چشمه ترق تروق را به صورت مثلثی دربرگیرند. مشاهدات آن‌ها به سرچشمه‌ای فقط ۷۰ متر بالای زمین مربوط می‌شد، اگرچه آن‌ها نتیجه گرفتند که صداها با همان ذرات خورشیدی که شفق را به وجود آورده‌اند تولید شده‌اند. این گروه هنوز مطمئن نیستند که سازوکار دیگر چیست، زیرا انواع زیادی صدا وجود دارد و هریک ممکن است به سازوکار متفاوتی مربوط باشد.

نورهای هنوز مرموز

به‌رغم این پیشرفت‌ها، پرسش‌های زیادی باقی است. ماهواره‌ها و رادارهای زمینی آشکار کرده‌اند که جریان خروجی عجیبی از اتم‌های اکسیژن یونیده از منطقه شفق در فضا وجود دارد. این جریان در خلاف جهت جریان ذرات خورشیدی است که خیلی سریع پایین می‌آیند و باعث شفق می‌شوند. افزون بر این، این ناحیه‌ها اغلب پر از ذرات با انرژی بالاست، که بحث‌های طولانی در مورد چگونگی و اینکه این ذرات کجا شتاب می‌گیرند در میان بوده است. مشاهدات جدید با مأموریت کلاستر ناسا ادعا می‌کنند که این ذرات خودشان در نوک‌ها و نیز تجدید اتصال مغناطیسی شتاب می‌گیرند.

ناسا برنامه‌ای دارد که هیئت مغناطیس سپهری چند مقیاسی (MMS) را در ۲۰۱۴ به فضا بفرستد، مجموعه‌ای شامل چهار فضاپیما مشابه که با فاصله متغیر در مدار زمین قرار می‌گیرند تا مرزهای میدان مغناطیسی زمین را به‌طور سه‌بعدی اندازه بگیرند و این فرایند باز پیکربندی را بررسی کنند. تجدید اتصال مغناطیسی انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی را هم به گرما و هم به انرژی ضربه‌ای تبدیل می‌کند که ذرات باد خورشیدی را به طرف زمین می‌راند و تقریباً پشت هر پدیده مربوط به هوای فضا از جمله شراره‌های خورشیدی، CMES، و توفان‌های زمین مغناطیسی قرار دارد. ولی به‌رغم اینکه چقدر معمول باشد آن را کاملاً درک نمی‌کنیم. MMS نظریه‌های موجود در مورد رویدادهای فضایی را بررسی می‌کند تا در رمزگشایی چیزی که دارد اتفاق می‌افتد به ما کمک کند.

این مطالعات فقط برای آگاهی از شفق نیست. توفان‌های خورشیدی جامعه مبتنی بر فناوری را بیشتر و بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد. آن‌ها می‌توانند در خط‌های برق جریان‌های الکتریکی القا کنند و باعث تغییرات ولتاژی شوند که آغازگر محروم شدن از برق ایمن است، یا به مبدل‌ها آسیب برسانند و جوامع را بدون برق بگذارند. توفان‌های خورشیدی همچنین می‌توانند به ماهواره‌ها که تمدن، به آن‌ها وابسته‌اند صدمه بزنند و در کاوش‌های فضایی وقفه ایجاد کنند.

در نتیجه، مطالعه برهم‌کنش میان این پدیده‌ها و محیط‌زیست فضای زمین دارای فایده‌های عملی است که فراتر از پیش‌بینی افسون شفق قرار دارد. همان‌طور که به پیشرفت فناوری ادامه می‌دهیم، به شناخت بهتر ارتباط خورشید-زمینی برای محافظت از خودمان نیاز داریم.



▲ ماهواره ایمیج ناسا. این تصویر فرابنفش از نورهای جنوبی را در ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۵ گرفته است که چهار روز پس از زمان وقوع شراره خورشیدی بوده است. بیضی شکل شفقی به‌وجود آمده در بالای جنوبگان به‌نظر می‌رسد که در اینجا بلو مارابل ایمیج ناسا را پوشانده است.

فضانوردان در خارج ایستگاه فضایی بین‌المللی این عکس را از نورهای جنوبی موقع گذشتن از بالای اقیانوس هند در سپتامبر ۲۰۱۱ گرفته‌اند. صفحه‌های خورشیدی ISS از طرف راست به درون آمده‌اند.



▲ قطب زمین مغناطیسی است که شفق را کنترل می‌کند نه قطب مغناطیسی. قطب زمین مغناطیسی، با فرض اینکه میدان مغناطیسی مثل یک میله مغناطیسی کامل عمل می‌کند توسط آنالیز ریاضی روی تمام میدان مغناطیسی زمین محاسبه شده است. قطب زمین مغناطیسی شمال ساکن‌تر است و در حال حاضر در کین باسین میان جزیره‌ی آلسمر و گرینلند قرار دارد. (از طرف دیگر قطب شمال مغناطیسی در اقیانوس منجمد شمالی در کانادا واقع است). قطب زمین مغناطیسی را نمی‌توان با قطب‌نما مشخص کرد، ولی اگر از فضا زمین را نگاه کنید، قطب زمین مغناطیسی مرکز بیضی شکل شفق را نشان می‌دهد.

منابع مربوط به پیش‌بینی شفق، پویانمایی‌ها، و صداهای نورهای شمالی را در skypub.com/auroasci بیابید.

پی‌نوشت‌ها

1. Pal Brekke
پال برک، یک فیزیکدان خورشیدی و مشاور ارشد در مرکز فضایی نروژ و نیز استادیار در مرکز دانشگاهی اسوالبارد است. کتاب اخیر او، خورشید نازل ما و نورهای شمالی-راهنمایی برای کشف خورشید توفانی و شفق است.
2. Kristian Birkeland
3. Svalbard
4. Kjell Henriksen
5. Fairbanks
6. Andoya

مرجع

Sky & Telescope, February 2013

