

نخستین درس در ستاره شناسی - بخش دوم

درس دوم: ستاره ما، خورشید

دکتر حسین شناور



پروژه سراسری دانش آموزی امام جعفر صادق (ع) کهنان



مدیریت آموزش و پرورش شهرستان گلبهار

- این مجموعه درس برای آشنایی مقدماتی دانش آموزان و علاقمندان فارسی زبان با مباحث نجوم، اختر فیزیک و کیهان شناسی طراحی شده است. هدف اصلی این مجموعه درس، افزایش دانش علاقمندان به ستاره شناسی است؛ هرچند، به برخی مهارت های مربوطه نیز پرداخته خواهد شد.
 - خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:
- h.shenavar@gmail.com
- از همکاران محترم در گلبهار و گلמکان، برای همفکری ها و حمایت هایشان از فعالیت های پژوهش سرای دانش آموزی گلמکان، کمال سپاسگزاری را دارم.
 - برای ضبط این درس ها از نرم افزار Zoom استفاده شده است.

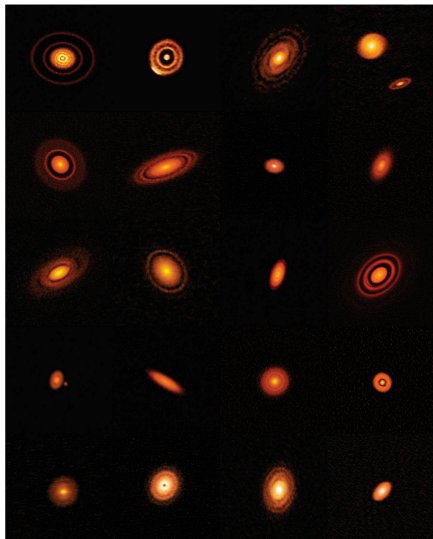


درس دوم: ستاره ما، خورشید

- ساختار خورشید
- پلاسما و میدان مغناطیسی خورشید

آنچه گذشت: نگاهی به منظومه شمسی

فیلم را ببینید.

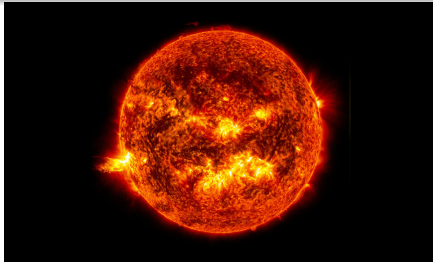


این بهترین توصیفی است که ما تاکنون از تشکیل منظومه شمسی به دست آورده ایم. اثرات این فرایندها هنوز هم موجودند (تختی دیسک، سیارات سنگی داخلی و گول های گازی خارجی، کمربندهای سیارکی و ...).

ریاضیات و فیزیک چنین توصیفی را برای ما ممکن ساخته اند؛ هرچند، هم اکنون نیز می توان سیارات و ستاره های در حال تشکیل را مشاهده کرد و درستی این فرضیات را سنجید. ما فقط یکی از منظومه های شمسی هستیم. سناریویی که در اینجا در ۴٫۶ میلیارد سال پیش اتفاق افتاد، هم اکنون به صورت روزانه در کهکشان ما و دیگر کهکشان ها در حال رخ دادن است.

تصاویر دیسک های پیش سیاره ای از رصدخانه ALMA را می بینید.

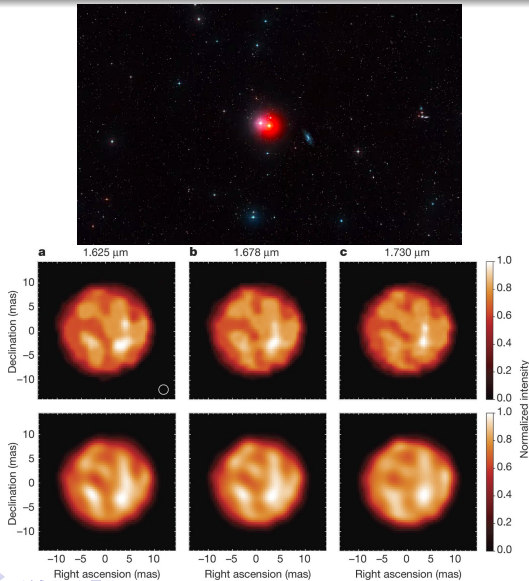
خورشید یک ستاره است!



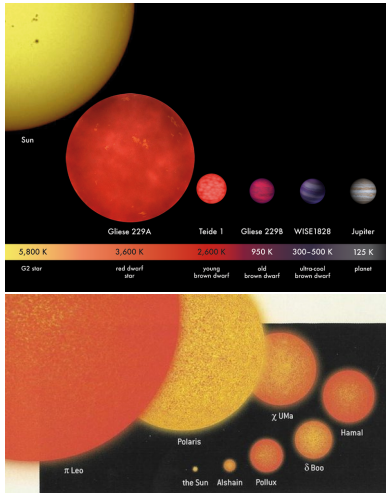
خورشید یک ستاره است! دربارۀ مفهوم ستاره، و انواع ستارگان، در بخش سوم از این مجموعه درس بیشتر خواهیم آموخت.

در واقع منجمین باستان اصلاً نمی دانستند که ستاره های آسمان از بسیاری جهات شبیه به خورشید هستند. فهم این نکته که خورشید و باقی ستارگان آسمان از بسیاری جهات مشابه هستند، یکی از بزرگترین پیشرفت های تاریخ نجوم بوده است.

تنها تفاوت عمده اینها این است که خورشید به ما نزدیک است، ولی ستارگان دیگر بسیار دور هستند. نزدیکترین ستاره به ما، پروکسیما قنطورس، به اندازه 40208000000000 km از ما فاصله دارد! به دلیل فاصله بسیار زیاد دیگر ستاره ها، این اجرام نسبت به خورشید بسیار کم نور دیده می شوند.

تصویر سطح یک ستاره در نزدیکی ما (غول قرمز π^1 Gruis)

ستاره ما، خورشید!



منجمین معمولاً می‌گویند خورشید یک ستاره با اندازه معمولی است. ولی این گزاره نباید ما را گمراه کند.

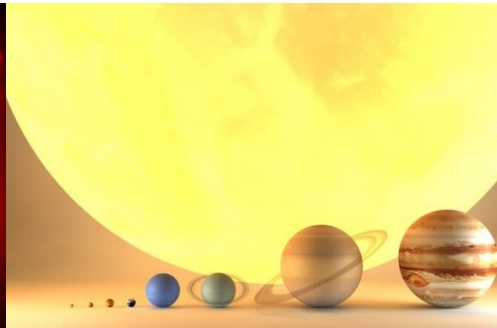
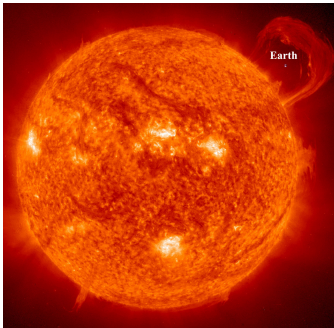
البته که خورشید از لحاظ اندازه معمولی حساب می‌شود (در مقایسه با ستاره‌های نوترونی و سیاهچاله‌ها)؛ ولی باید توجه کرد که اکثر ستارگان آسمان از خورشید کم جرم‌ترند. اکثر ستارگان آسمان، کوتوله قرمز هستند که کم نور و کم جرم‌اند. ستارگانی مانند خورشید از لحاظ اندازه و جرم جزو ده درصد بالای ستارگان کهکشان ما هستند.

خورشید چی هست؟ خورشید اساساً یک کره بسیار داغ و بسیار بزرگ است که بیشتر ماده تشکیل‌دهنده‌اش را گاز هیدروژن تشکیل می‌دهد.

فیلم‌ها را ببینید.

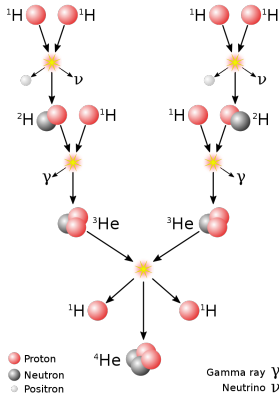
خورشید را با سیارات منظومه شمسی مقایسه کنید.

- قطر خورشید تقریباً $1/4$ میلیون کیلومتر است (بیش از صد برابر قطر زمین) و بیش از یک میلیون کره زمین را می توان در آن جای داد. جرم خورشید سیصد هزار برابر جرم زمین است.



- برای درک صحیح خورشید باید فرایندهای داخل خورشید را بفهمیم.

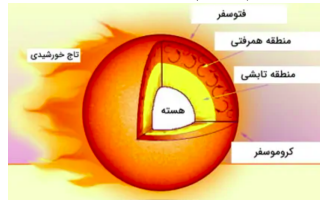
خورشید عملاً یک ماشین مولد انرژی هسته ای است!



در هسته خورشید، شرایط بسیار وحشتناک است! در اثر فشار وارده از طرف همه موادی که در خورشید هستند، فشار مرکز خورشید حدوداً 260 میلیارد برابر فشار جو زمین است! دمای هسته خورشید هم در حدود 15 میلیون درجه سلسیوس است.

در این شرایط اتم هیدروژن "یونیزه" شده است؛ یعنی اتم هیدروژن الکترون خود را از دست داده است. در این شرایط ما یک سوپ بسیار داغ از ذرات زیر اتمی مانند پروتون و نوترون داریم.

با توجه به فشار فوق العاده ای که در هسته خورشید وجود دارد، شرایط به گونه ای است که ذراتی که از پروتون و نوترون تشکیل شده اند دچار همجوشی هسته ای می شوند. طی یک سری فرایندهای هسته ای، که مهم ترینش در شکل نشان داده شده، این ذرات با هم ترکیب شده و هسته اتم هلیوم را می سازند.

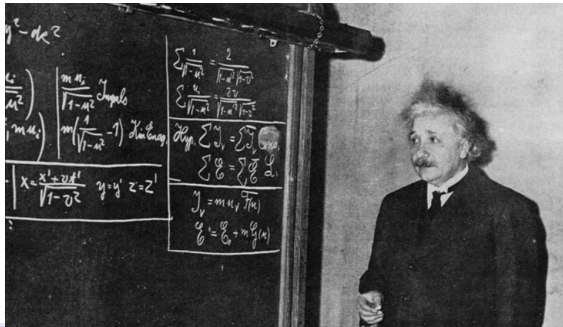


پیش بینی اینشتین: جرم تبدیل به انرژی می شود!

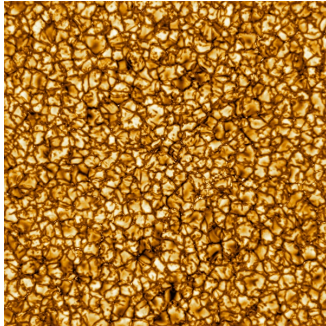
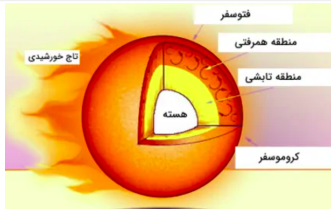
- در نتیجه این واکنش ها، قسمتی از جرم خورشید کم شده و انرژی آزاد می شود. یعنی جرم تبدیل به انرژی می شود. رابطه بین جرم و انرژی آزاد شده را اینشتین برای اولین بار یافته است:

$$E = mc^2$$

- در اینجا E انرژی، m جرم و $c = 299792458 \text{ m/s}$ سرعت نور است.
- البته اتم ها بسیار کوچکند و انرژی آزاد شده توسط هر اتم هم چندان زیاد نیست؛ هرچند، وقتی تعداد زیادی اتم داشته باشیم (مثل خورشید)، قضیه متفاوت خواهد بود.



انتقال گرما (همرفت)

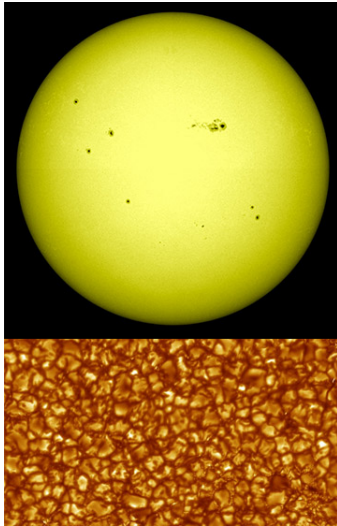


همجوشی هسته ای در هسته خورشید اتفاق می افتد. سپس انرژی آزاد شده به سمت پوسته خورشید حرکت می کند. این انرژی، گاز موجود بالای هسته را گرم می کند؛ هرچند، دمای گازهای خارج هسته آنقدر زیاد نیست که همجوشی (تبدیل هیدروژن به هلیوم) اتفاق بیفتد.

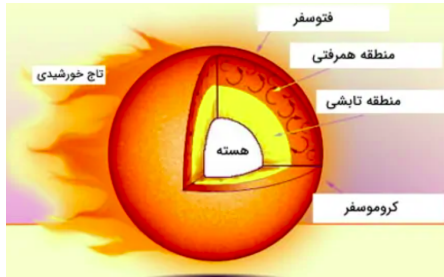
فرایند حرکت گرما (انرژی) از مرکز خورشید به سطح آن را انتقال گرما (همرفت) می نامند. فیزیک همرفت بسیار جالب است و از مسائل مهندسی و هواشناسی گرفته تا اختریفیزیک کاربرد دارد.

در اثر انتقال گرما، ستون های گاز بسیار داغ از مرکز خورشید به سطح آن می آیند، کمی سرد می شوند و دوباره به مرکز برمی گردند. ما می توانیم قسمت بالای این ستون های گاز را ببینیم!

نورسپهر

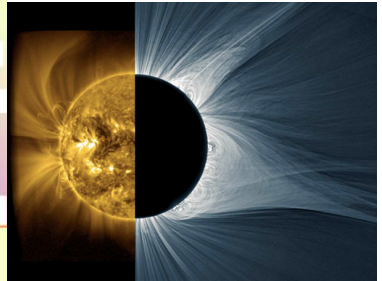
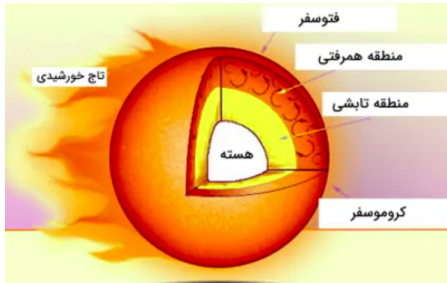


- بالاتر از لایه همرفت، لایه سردتری وجود دارد که نورسپهر (و یا کره نور، فوتوسفر) نامیده می شود.
- نور خورشید از این لایه به ما می رسد. یعنی ما در واقع نورسپهر را می بینیم و نه داخل خورشید را!
- فشردگی مواد در نواحی زیرین نورسپهر آنچنان زیاد است که نور نمی تواند به راحتی از آن ها عبور کند. ولی چگالی ناحیه نورسپهر بسیار کمتر است و نور آزاد می شود. یعنی نورسپهر یک ناحیه شفاف است.



اتمسفر خورشید: کرونا و یا تاج خورشید

- بالاتر از ناحیه نورسپهر، ناحیه تاج خورشید (کرونا) را داریم. کرونا مانند جو خورشید عمل می کند. چگالی کرونا حدودا یک صدم چگالی نورسپهر است. دمای تاج خورشید بسیار زیادتر از دمای نورسپهر است. دمای کرونا حدودا یک میلیون درجه است.
- در درس خورشیدگرفتگی و ماه گرفتگی درباره رصد کرونا بحث کردیم. با توجه به چگالی بسیار کم تاج خورشید، فقط می توان آن را در خورشیدگرفتگی کامل، و یا با استفاده از تلسکوپ های مخصوص، رصد کرد. تاج خورشید میلیون ها کیلومتر در فضا گسترده شده است.



بادهای خورشیدی

- کرونا منبع بادهای خورشیدی است: بادهای خورشیدی به توده های عظیم ذرات گفته می شود که از خورشید (بیشتر در راستای استوای خورشید) به داخل منظومه شمسی گسترده می شوند. سرعت بادهای خورشیدی معمولا در حدود یک میلیون کیلومتر بر ساعت است!!!

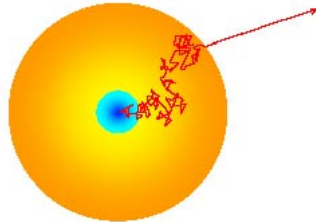


سفر نور درون خورشید

● نوری که در هسته خورشید تولید می شود (از طریق واکنش های هسته ای)، به راحتی به سطح خورشید نمی رسد. در واقع این نور با ماده بسیار فشرده اطرافش برخورد می کند، کمی از انرژی اش را از دست می دهد و با انرژی کمتری (و پس از برخورد های فراوان) به سطح خورشید می رسد. وقتی نور به سطح خورشید برسد، می تواند آزادانه در فضا حرکت کند.

● چه مدت طول می کشد تا نور خورشید از هسته به نورسپهر برسد؟

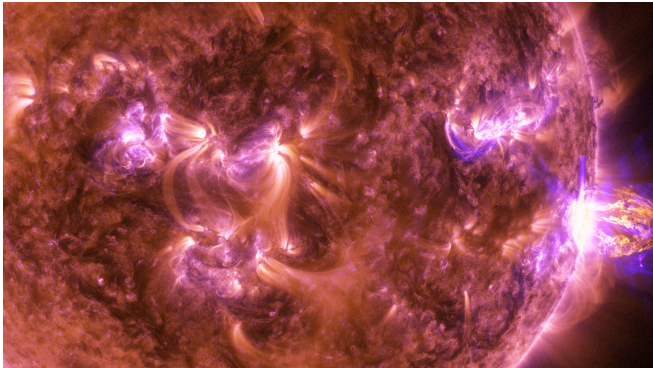
● فیزیکدانان توافقی در این زمینه ندارند. ولی محاسبات جدید پیش بینی می کنند که بیش از صد هزار سال زمان لازم است تا نور خورشید از هسته به نورسپهر برسد!



● حالا فرایندهای درون خورشید را دقیق تر بررسی می کنیم.

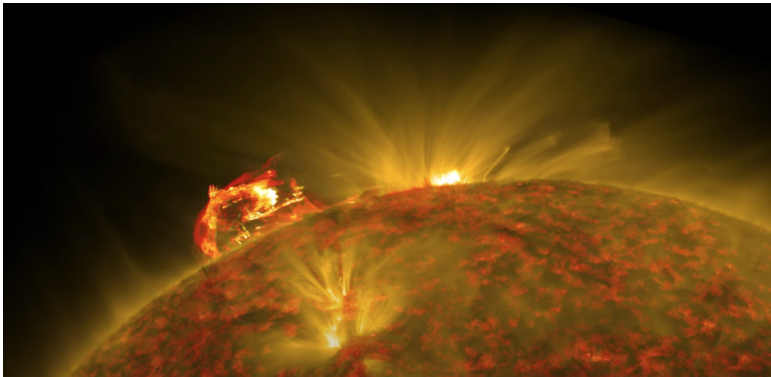
پلاسمای خورشید

- مشاهدات جدید (فیلم های ابتدای جلسه را بیاد بیاورید) از سطح خورشید نشان می دهد که این سطح بسیار شلوغ و فعال است. دلیل فعالیت شدید در سطح خورشید هم میدان مغناطیسی خورشید است.
- همانطور که گفته شد، در اثر دما و فشار فوق العاده زیاد خورشید، الکترون ها و پروتون ها در خورشید (مخصوصا درون هسته خورشید) معمولا جدا از هم هستند. این وضعیت خاص ماده، که مواد با بار الکتریکی در حال جریان هستند، را پلازما می گویند.



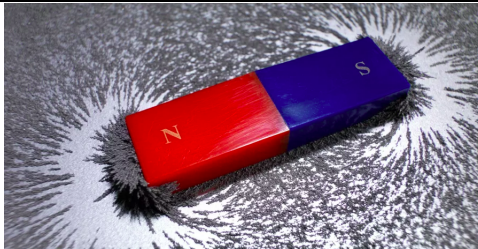
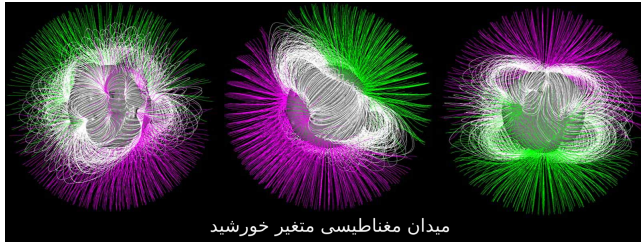
پلاسمای خورشید

- بعداً درباره پلازما با جزئیات بیشتر صحبت خواهیم کرد. ولی نکته مهم برای بحث کنونی ما این است که ”بارهای الکتریکی در حال حرکت میدان های مغناطیسی ایجاد می کنند“. در واقع این نکته اساس کار فرستنده های امواج الکترومغناطیسی است.
- همرفت و دوران خورشید باعث می شود که ستون های پلازما در خورشید در حال حرکت باشند. این ستون های جریان الکتریکی باعث بوجود آمدن میدان مغناطیسی می شوند که با جریان پلازما در حال حرکت است.

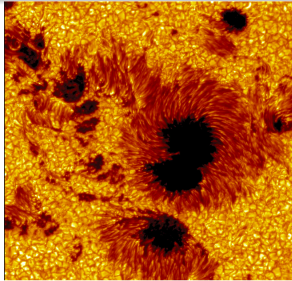


میدان مغناطیسی خورشید

- میدان های مغناطیسی خورشید بسیار شبیه به میدان مغناطیسی یک آهنرباست. تعداد میدان های مغناطیسی فعال در خورشید بسیار زیاد است و این میدان ها می توانند با هم برهمکنش کنند.

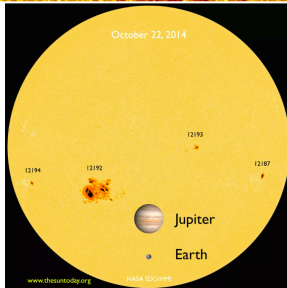


برهمکنش پلاسمای خورشید با میدان مغناطیسی آن: لکه های خورشیدی



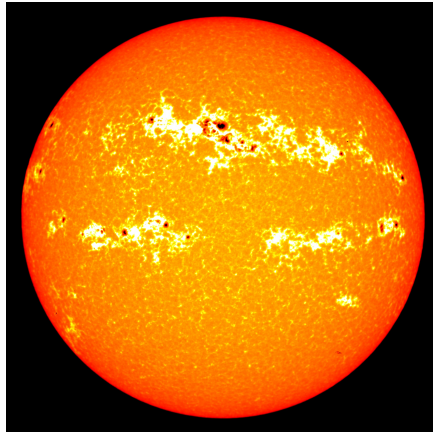
وقتی پلازما به سطح می رسد سرد می شود و به درون خورشید باز میگردد. هرچند، اگر پلازما با میدان مغناطیسی خورشید برهمکنش کند، آنگاه میدان مغناطیسی مانع بازگشت پلازما به درون خورشید می شود. این باعث می شود نواحی از سطح خورشید سردتر از بقیه نواحی باشد. این نواحی را لکه های خورشیدی (*sunspot*) می نامند.

لکه های خورشیدی بسیار بزرگ هستند و می توانند به چندین برابر قطر زمین برسند. برخی به حدی بزرگند که بدون تلسکوپ هم دیده می شوند (در صورتی که از فیلترهای مخصوص برای جلوگیری از آسیب به چشم استفاده کنید).

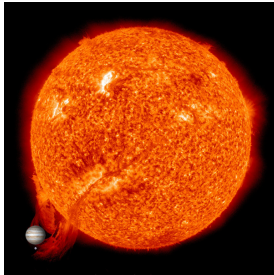


مشعل

- خطوط میدان مغناطیسی در کناره های لکه خورشیدی متمرکز هستند. این باعث می شود که انرژی پلاسما بیشتر شود (گرم تر شود). این ناحیه را مشعل (*faculae*) می نامند. در حالی که لکه های خورشیدی دمایی کمتر از بقیه نواحی دارند، مشعل ها بسیار داغ اند.

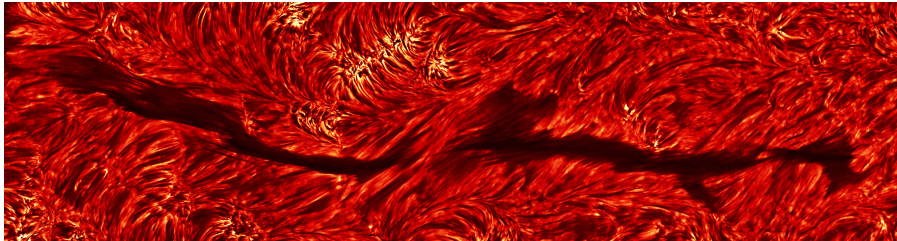


برجستگی خورشیدی

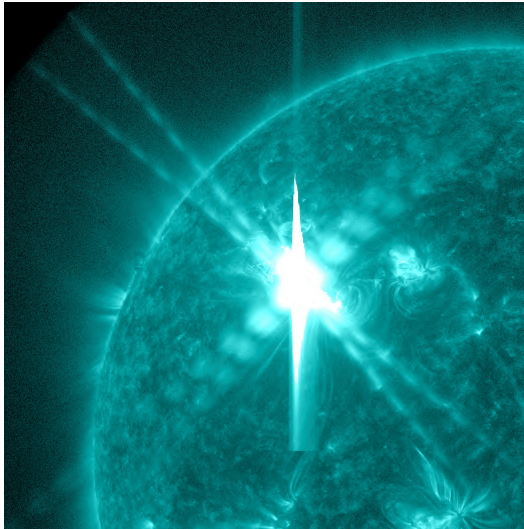


پلاسمای خورشیدی می تواند در راستای خطوط میدان مغناطیسی پرواز کند. این باعث می شود که ما قوس های بسیار بزرگی از پلازما را شاهد باشیم که صدها هزار کیلومتر گستره می شوند. این قوس های بسیار بزرگ را برجستگی خورشیدی (*Solar prominence*) می نامند. برجستگی ها معمولا بسیار بزرگ هستند و می توانند تا تاج خورشیدی گسترش یابند.

دانشمندان فکر می کنند میدان های مغناطیسی باعث می شوند که انرژی از سطح خورشید به تاج منتقل شود. به همین دلیل است که تاج بسیار داغ است. هرچند چگونگی این فرایند هنوز کاملا توضیح داده نشده است.



شراره های خورشیدی

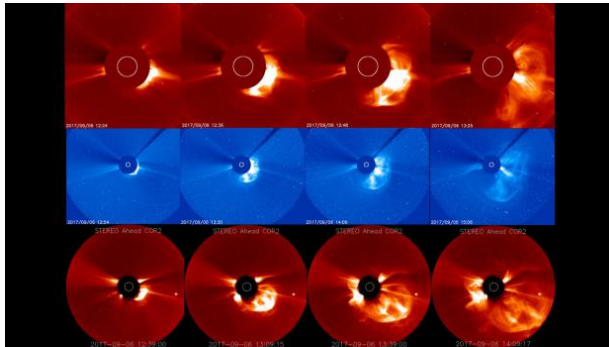


در اثر برهمکنش میدان های مغناطیسی درون خورشید ممکن است توده های عظیم مواد خورشیدی به بیرون پرتاب شود. این را شراره (flare) خورشیدی می نامند. حتی شراره های خورشیدی متوسط هم بسیار پر انرژی و خطرناک اند. یک شراره خورشیدی عظیم می توان تا حدود ده درصد انرژی خورشید، که در هر لحظه تولید می شود، را به بیرون پرتاب کند.

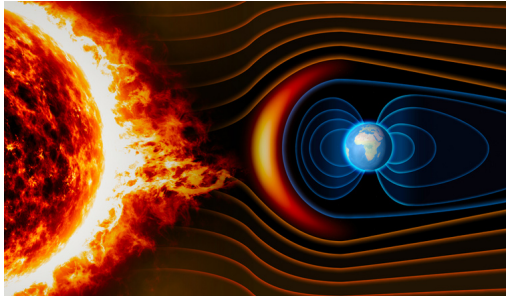
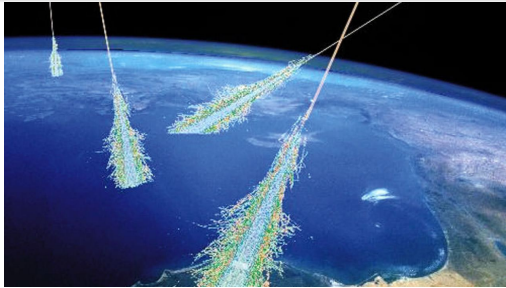


خروج جرم از تاج خورشیدی

- خروج جرم از تاج خورشیدی (*Coronal mass ejection*) نوع دیگری از انفجارهای خورشیدی است که تا حدی شبیه به شراره های خورشیدی است. هرچند، شراره خورشیدی شبیه به یک گردباد است (یعنی شدید است و در موقعیت خاصی رخ می دهد) ولی خروج جرم از تاج خورشیدی شبیه طوفان است (در منطقه وسیعی رخ می دهد و بسیار بزرگ است). خروج جرم از تاج خورشیدی در بالای سطح خورشید رخ می دهد در حالی که منشا شراره خورشیدی از سطح خورشید است.



تاثیر طوفان های خورشیدی بر کره زمین



شراره خورشیدی و خروج جرم از تاج خورشیدی، میلیاردها تن مواد موجود در لایه های بیرونی خورشید (پلاسمای بسیار داغ) را به خارج از خورشید (فضای بین سیاره ای) پرتاب می کنند.

این جریان بسیار شدید ذرات می توانند به سمت زمین سرازیر شوند. وقتی که این مواد به زمین می رسند، تاثیرات بسیار مهمی بر جای می گذارند.

جو زمین بسیاری از این ذرات را جذب کرده و به این صورت حیات موجود بر زمین را حفظ می کند.

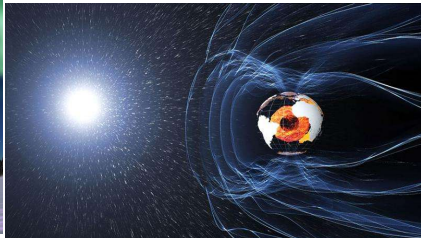
همچنین، میدان مغناطیسی زمین ذرات خورشیدی زیادی را منحرف می کند.

شفق قطبی (نور شمالگان)



اگر شرایط مناسب باشد، تعداد زیادی از ذرات خورشیدی می توانند به سمت قطب های زمین حرکت کرده و در میدان مغناطیسی زمین به دام بیفتند. برهمکنش ذرات الکتریکی با میدان مغناطیسی زمین باعث تابش می شود. این نور را شفق قطبی و یا نور شمالگان (و یا جنوبگان) می نامند.

شفق قطبی می تواند به رنگ های مختلفی باشد. فیلم ها را ببینید.



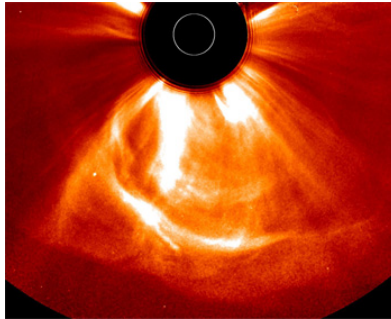
اثرات مخرب

- برخی تاثیرات این ذرات می توانند بسیار مخرب باشند. مثلاً وقتی جریان های خورشیدی با میدان مغناطیسی زمین برهمکنش می کنند، می توانند جریان های الکتریکی بسیار شدیدی را در نزدیکی پوسته زمین ایجاد کنند. این پدیده می تواند باعث اضافه بار در نیروگاه ها شود و سیستم برق را از کار بیندازد. در سال ۱۹۸۹ در ایالت کبک کانادا چندین نیروگاه برق به دلیل طوفان های خورشیدی از کار افتادند.



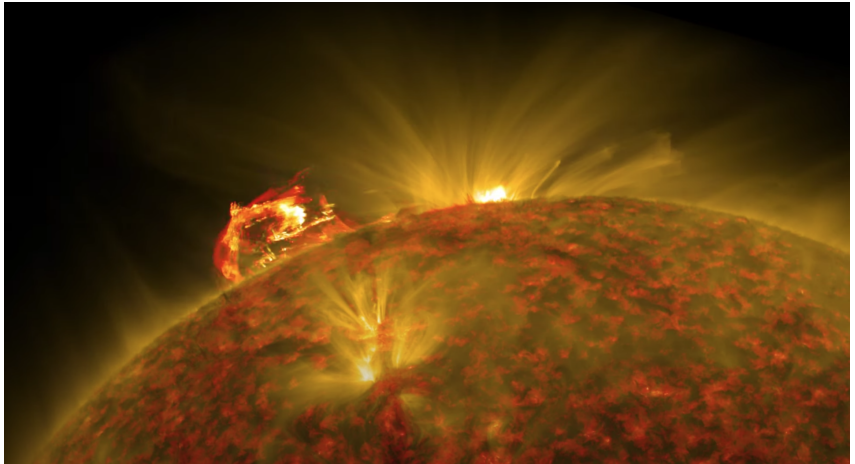
اثرات مخرب

- شدیدترین طوفان خورشیدی که تاکنون ثبت شده است در سال ۱۸۵۹ رخ داده است. اگر چنین طوفانی دوباره رخ دهد می تواند باعث خاموشی جهانی شود و سیستم های ماهواره ای را به کلی از کار بیندازد.
- در واقع در سال ۲۰۱۲ طوفان خورشیدی با بزرگی بسیار زیاد (احتمالاً با ابعاد طوفان سال ۱۸۵۹) رخ داد، ولی خوشبختانه در جهت زمین حرکت نکرد. اگر چنین طوفانی با زمین برخورد می کرد به احتمالاً زیاد سیستم های ارتباطی آسیب شدیدی می دیدند.



خورشید: خیلی خوب و خیلی بد!

- زندگی بر روی زمین به انرژی خورشید وابسته است. ولی خورشید می تواند در بعضی مواقع تمدن انسان را به لبه نابودی ببرد. بنابراین شناخت همه جانبه خورشید بسیار مهم است.



نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید مفاهیم اصلی پدیده های خورشیدی را بیان کنید. همچنین، انتظار می رود که بتوانید پرسش های زیر را پاسخ گوئید:

- ۱ چرا خورشید بسیار پر نور تر از بقیه ستارگان آسمان است؟
- ۲ از لحاظ جرمی، خورشید یک ستاره پر جرم است و یا کم جرم؟
- ۳ اتم های اصلی تشکیل دهنده خورشید چه اتم های هستند؟
- ۴ قطر خورشید چقدر است؟ قطر خورشید چند برابر قطر زمین است؟ قطر خورشید چند برابر قطر مشتری است؟
- ۵ خورشید چگونه انرژی تولید می کند؟ دمای مرکز خورشید چقدر است؟ فشار در خورشید زیاد است و یا کم؟
- ۶ لایه های مختلف و ساختار خورشید را توضیح دهید.
- ۷ اتم یونیزه یعنی چه؟

۸ رابطه اینشتین برای تبدیل جرم و انرژی را بنویسید و نمادهای مختلف آن را توضیح دهید.

۹ انتقال گرما (همرفت) یعنی چه؟ انتقال گرما چگونه در خورشید رخ می دهد؟

۱۰ نورسپهر کجاست؟ نور در خورشید چگونه تولید و آزاد می شود؟

۱۱ منظور از کرونای خورشید چیست؟ کرونا را چگونه می توان رصد کرد؟

۱۲ منظور از بادهای خورشیدی چیست؟

۱۳ پلازما چیست؟ چرا پلازما می تواند میدان مغناطیسی تولید کند؟

۱۴ کدام دو عامل باعث می شوند جریان های پلازما در خورشید داشته باشیم؟

۱۵ لکه های خورشید را توضیح داده و دلیل بوجود آمدن آنها را بیان کنید.

۱۶ مشعل چیست؟

۱۷ برجستگی خورشیدی، شاراه خورشیدی، خروج جرم از تاج خورشید را توضیح دهید.

۱۸ تاثیر طوفان های خورشیدی بر کره زمین را بیان کنید. شفق قطبی چیست؟

۱۹ چرا شناخت خورشید مهم است؟

اگر درباره هر کدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، می توانید درس را یک بار دیگر مرور کنید.

مبحث بعدی: سیاره ما، زمین

در جلسه بعد، ساختار زمین را با جزئیات بیشتر مطالعه خواهیم کرد.



منابع درس

- ۱ PBS Crash Course Astronomy by Phil Plait, available on YouTube and PBS website

- ۱ نجوم به زبان ساده، مایر دگانی، ویراست سوم، ترجمه محمدرضا خواجه پور، انتشارات گیتاشناسی، ۱۳۹۳
- ۲ اساس ستاره شناسی، مایکل سیدز، جلد‌های ۱ و ۲، ترجمه اشرفی و صالحی، ویراسته خواجه‌وی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۱۳۹۰

با سپاس از توجه شما،
لطفاً ما را در شبکه های
اجتماعی دنبال کنید.