

# نخستین درس در ستاره شناسی - بخش دوم

## درس سوم: ساختار زمین و میدان مغناطیسی آن

دکتر حسین شناور

موسسه درخت دانش

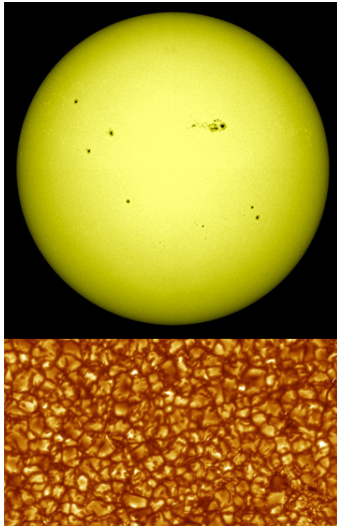


ELMESTAN.COM





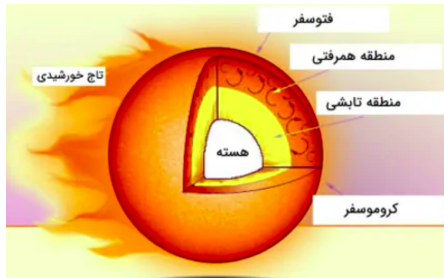
## آنچه گذشت: ستاره ما، خورشید



در جلسه پیش دیدیم که ستاره ما، خورشید، ساختار نسبتاً پیچیده‌ای دارد و اتفاقات شگفتی نیز در این ستاره رخ می‌دهد:

همرفت، نورسپهر، کرونا یا تاج خورشید، بادهای خورشیدی، حرکت نور درون خورشید.

پلاسمای خورشید، میدان مغناطیسی خورشید، لکه‌های خورشید، مشعل، برجستگی، شاراه‌ها، خروج جرم، طوفان‌های خورشیدی، شفق قطبی، خطرات خورشید برای کره زمین.



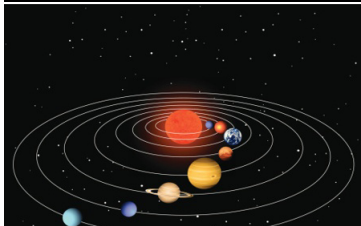


## زمین یک سیاره است!

زمین یک سیاره است!

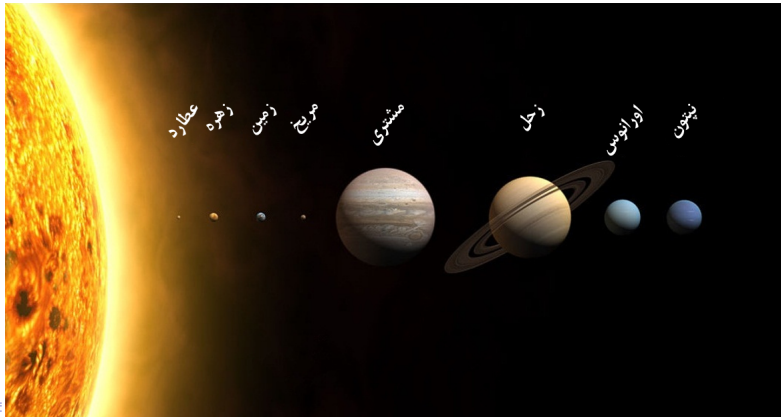
درباره مفهوم سیاره در درس اول از این مجموعه ( منظومه شمسی ) صحبت کردیم. گزاره بالا همیشه مورد قبول نبوده است! در واقع تا پیش از اختراع تلسکوپ، انسان فکر می کرد که سیارات نقاط نورانی هستند که در آسمان، و در بین ستارگان ثابت، حرکت می کنند. هیچکس فکر نمی کرد که زمین نیز یکی از همین سیارات باشد. ولی با اختراع تلسکوپ، معلوم شد که هرکدام از این نقاط نورانی در آسمان خود دنیایی است.

انسان از دهه ها پیش، و با اختراع فضاپیماها، توانسته است تصاویر دقیقی از این سیارات تهیه کند. در نتیجه حالا به خوبی می دانیم که زمین فقط یکی از سیارات منظومه شمسی است و از بسیاری جهات به سیارات دیگر شبیه است.



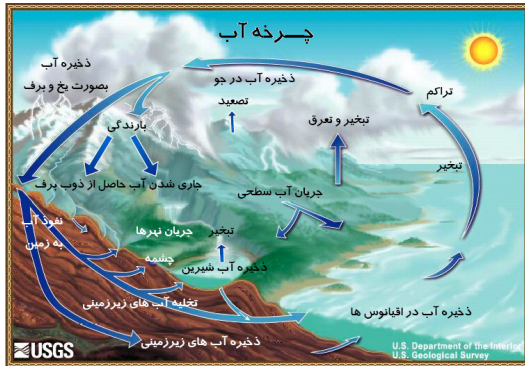
## سیارات داخلی سنگی هستند.

- زمین بزرگترین سیاره در بین چهار سیاره داخلی است. این سیارات را سیارات زمین سان (زمین مانند) و یا سنگی می نامند. سیارات داخلی به خورشید نزدیکترند و چگالی آنها بیشتر از سیارات خارجی است.
- قطر زمین در حدود ۱۳۰۰۰ کیلومتر است.
- زمین تنها یک قمر بزرگ ( ماه ) دارد. درباره ماه در جلسات آینده بیشتر صحبت خواهیم کرد.



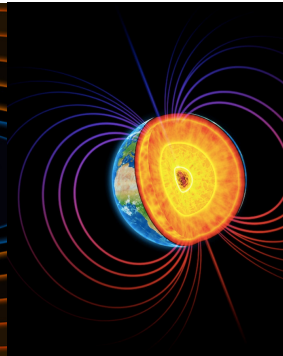
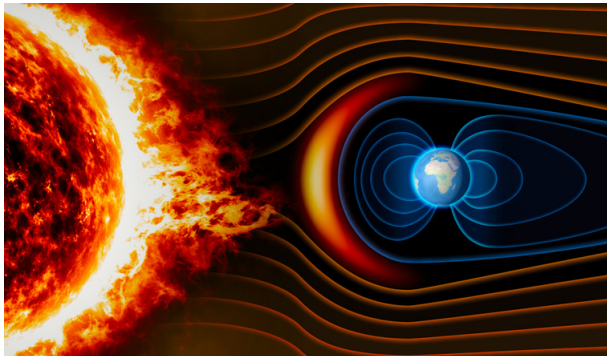
## آب و نقش آن در زندگی ما

- زمین، برخلاف دیگر سیارات داخلی، مقدار بسیار زیادی آب ( مایع ) در سطح خود دارد.
- آب می تواند جاری شده، تبخیر شود و دوباره به شکل ابر به زمین ببارد. بسیاری از واکنش های مهم شیمیایی در زمین شامل آب هستند. به ویژه، فعالیت های شیمیایی مرتبط با جانداران به صورت اساسی به آب وابسته است.
- چرخه آب را در شکل زیر می بینید.



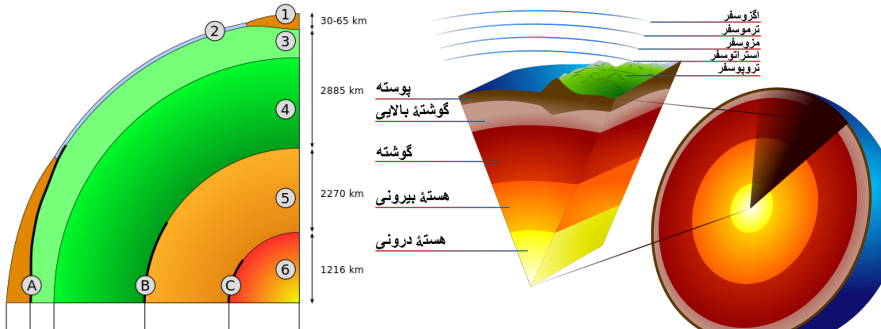
## چه عامل هایی از زیست جانداران در کره زمین محافظت می کنند؟

- زندگی جانداران در کره زمین به آب وابسته است. البته زندگی موجودات به جو ( اتمسفر ) نیز بستگی دارد.
- وجود هر دو عامل بنیادی جریان آب و جو، به صورت جالبی به میدان مغناطیسی زمین وابسته است.
- میدان مغناطیسی زمین نیز، به نوبه خود، در اثر فرایندهای درون هسته زمین به وجود آمده است. بنابراین لازم است نگاهی به ساختار داخلی زمین بیندازیم.



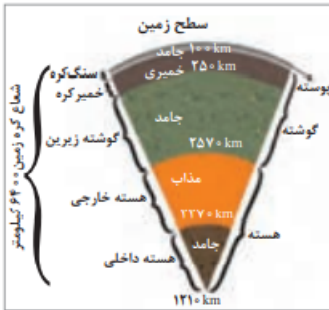
## ساختار زمین

- زمین نیز، مانند خورشید، ساختاری لایه لایه دارد.
- در مرکز زمین، هسته قرار دارد که دو بخش است: هسته درونی و هسته بیرونی.
- هسته داخلی جامد است و بیشتر جرم آن از آهن و نیکل است. آهن و نیکل عناصری سنگین هستند؛ بنابراین، این عناصر در هنگام تشکیل زمین به بخش های درونی تر سیاره سقوط کرده اند. از طرف دیگر، عناصر سبک تر مانند اکسیژن، نیتروژن و سیلیکون در هنگام تشکیل زمین به سطح سیاره آمده اند.
- شعاع هسته درونی در حدود ۱۲۰۰ کیلومتر است (در حدود ۱۰ درصد شعاع زمین).

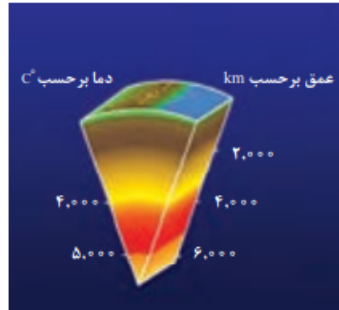


## هسته بیرونی

- بیشتر ماده هسته بیرونی نیز از آهن و نیکل تشکیل شده است؛ ولی این هسته مایع است!
- ضخامت هسته بیرونی در حدود  $2200$  کیلومتر است.
- دمای هسته زمین به شدت بالاست و حتی به حدود  $5500$  درجه سانتی گراد نیز می رسد!
- فشار نیز در هسته زمین بسیار زیاد است زیرا فشار ناشی از تمام مواد موجود در سیاره بر این ناحیه وارد می شود.



عمق لایه های مختلف زمین



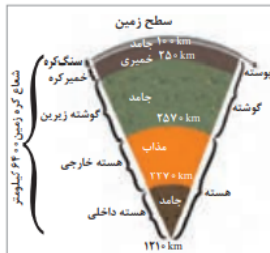
دمای لایه های درونی زمین

چرا هسته درونی جامد است ولی هسته بیرونی مایع است؟

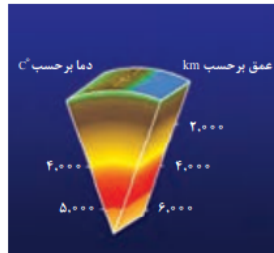
چرا هسته درونی جامد است ولی هسته بیرونی مایع است؟

ممکن است تصور کنیم که در دمای بسیار بالای هسته درونی، آهن باید حالت مذاب داشته باشد. ولی اینطور نیست! در واقع اگر فشار به اندازه کافی زیاد باشد، آهن می تواند در دمای بسیار بالا حالت جامد به خود بگیرد. در هسته درونی زمین نیز فشار بسیار زیاد است. بنابراین آهن و نیکل موجود حالت جامد دارند.

ولی در هسته بیرونی فشار کمتر است چون این هسته وزن کمتری از مواد موجود در سیاره را احساس می کند. بنابراین، با وجودی که دمای هسته بیرونی همچنان بسیار زیاد است، مواد موجود در این هسته در حالت مایع قرار دارند.



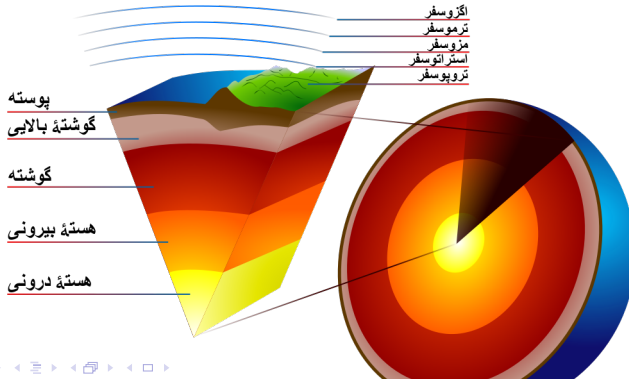
عمق لایه های مختلف زمین



دمای لایه های درونی زمین

## گوشته

- در بالای هسته بخش گوشته قرار دارد که ضخامت آن حدوداً ۲۹۰۰ کیلومتر است.
- وضعیت گوشته تا حدی عجیب است. بیشتر افراد تصور می کنند که مواد موجود در گوشته شبیه به گدازه های آتشفشانی هستند؛ ولی واقعیت این است که این مواد بیشتر شبیه پلاستیک بسیار داغ و بسیار متراکم اند! در بالای گوشته نیز گوشته بالایی قرار دارد.
- گوشته بیشتر شبیه به یک جامد رفتار می کند. ولی در زمان های بسیار طولانی ( از لحاظ زمین شناسی، مثلاً صدها میلیون سال ) گوشته جریان پیدا می کند و مانند یک شاره رفتار می کند.

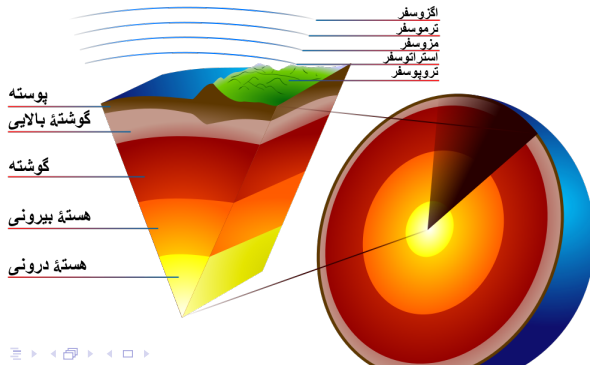




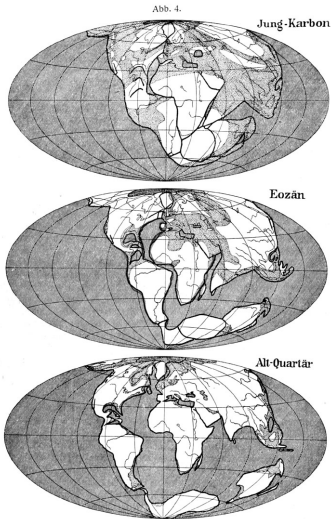
## پوسته

در بالاترین بخش زمین نیز پوسته قرار دارد. پوسته حالت جامد دارد و از سنگ های مختلف تشکیل شده است. چگالی پوسته از چگالی گوشته کمتر است؛ بنابراین می توان گفت که پوسته به حالت شناور بر روی گوشته قرار دارد. درک این موضوع برای فهم تغییرات زمین بسیار مهم است.

دو نوع پوسته داریم: پوسته اقیانوسی که در حدود ۵ کیلومتر ضخامت دارد و پوسته قاره ای که بین ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر ضخامت دارد. به هر حال ضخامت پوسته نسبت به لایه های زیرین بسیار کمتر است.



## رانش قاره‌ای: حرکت بخش‌های مختلف پوسته زمین



Rekonstruktionen der Erdkarte nach der Verschiebungstheorie für drei Zeiten.

Schraffiert: Tiefsee; punktiert: Flachsee; heutige Konturen und Flüsse nur zum Erkennen. Gradnetz willkürlich (das heutige von Afrika).

پوسته زمین کاملاً به هم پیوسته نیست و خود به بخش‌های مجزا تقسیم شده است. بخش‌های مختلف پوسته را صفحه می‌نامند. صفحات زمین خود حرکت می‌کنند! این حرکت را رانش قاره‌ای و یا جابجایی قاره‌ها می‌نامند که اولین بار توسط آلفرد وِگنر در سال ۱۹۱۵ تشخیص داده شده است.

**فیلم ۱ را ببینید.**

**چه چیزی باعث می‌شود قاره‌ها حرکت کنند؟**

پاسخ: حرکت مواد موجود در گوشته باعث می‌شود که صفحات مختلف پوسته، و در نهایت قاره‌ها، جابجا شوند.

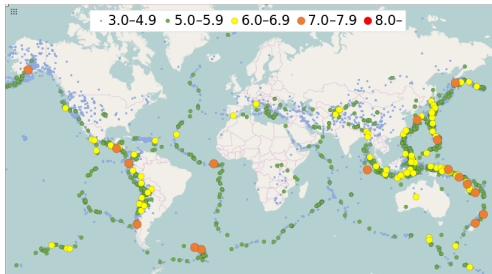
**چه چیزی باعث حرکت مواد موجود در گوشته می‌شود؟**

پاسخ: گرمای موجود در هسته! هسته زمین قسمت‌های زیرین گوشته را گرم می‌کند. این باعث همرفت شده و گرمای هسته توسط انتقال مواد به سمت بالا در گوشته منتقل خواهد شد.

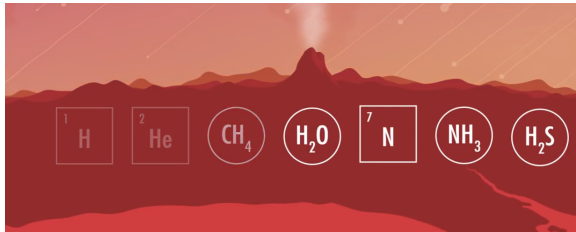
سرعت حرکت صفحات زمین بسیار کم است (در حد چند سانتیمتر بر سال!). یعنی پنجاه هزار سال طول می‌کشد تا یک صفحه به اندازه یک کیلومتر جابجا شود!

## رانش قاره‌ای: حرکت بخش‌های مختلف پوسته زمین

- مواد داغ درون گوشته (سنگ‌های مذاب) به سمت پوسته حرکت می‌کنند؛ ولی پوسته سفت است و جلوی حرکت آنها را می‌گیرد. در نتیجه مواد مذاب باعث می‌شوند که پوسته به صورتی آرام حرکت کند. سرعت حرکت قاره‌ها تقریباً به اندازه سرعت رشد ناخن انسان است. در نتیجه قاره‌ها در طی میلیون‌ها سال جابجا می‌شوند.
- **جابجایی قاره‌ای باعث تغییر مداوم چهره زمین می‌شود:** در برخی مناطق که صفحات مختلف زمین با هم برخورد می‌کنند، پوسته ضعیف‌تر است. در نتیجه، در اثر حرکت صفحات در این مناطق زمین لرزه‌های زیادی رخ می‌دهد. همچنین، ممکن است شرایط در این مناطق برای فعالیت آتشفشانی فراهم شود. یعنی مواد مذاب راه خود را به سطح زمین پیدا کرده و فعالیت آتشفشانی شروع می‌شود.



## آتشفشان ها



آتشفشان ها باعث جاری شدن مواد مذاب در زمین و پدید آمدن سرزمین های جدید می شوند. هرچند، آتشفشان ها مقادیر بسیار زیادی گاز نیز به درون اتمسفر تزریق می شکنند. در واقع بخش مهمی از اتمسفر زمین در اثر فعالیت های آتشفشانی فراهم شده است.

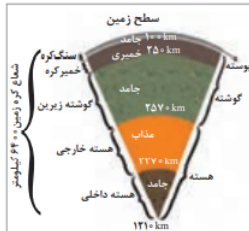


## منبع گرما در هسته زمین

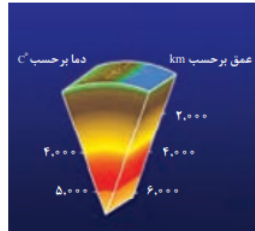
● هسته زمین بسیار داغ است. در واقع دمای هسته زمین به اندازه سطح خورشید است! منبع این گرما چیست؟

● بیشتر انرژی گرمایی موجود در هسته زمین از زمان تشکیل زمین به جای مانده است ( بیش از ۴/۵ میلیارد سال پیش )! در واقع در هنگام تشکیل سیاره زمین قطعات بسیار بزرگ سنگی با آن برخورد کرده اند. برخوردهای سهمگین سنگ ها با زمین، باعث داغ شدن سیاره شده است. به یاد داشته باشید که منظومه خورشیدی در هنگام تشکیل بسیار شلوغ بوده است. این گرما تاکنون در هسته زمین باقی مانده است؛ هرچند، پوسته و گوشته تا حد زیادی سرد شده اند.

● به علاوه، با افزایش جرم زمین، گرانش سیاره بیشتر شده و تراکم سنگ ها (تحت تاثیر گرانش) باعث افزایش دمای لایه های درونی سیاره شده است.



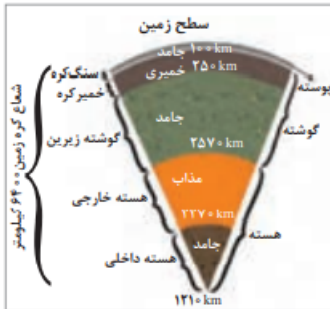
عمق لایه های مختلف زمین



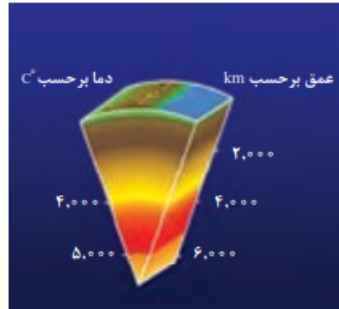
دمای لایه های درونی زمین

## منبع گرما در هسته زمین

- هسته زمین بسیار داغ است. در واقع دمای هسته زمین به اندازه سطح خورشید است! منبع این گرما چیست؟
- منبع دیگر گرمای هسته، وجود عناصر رادیواکتیو (مانند اورانیوم) درون هسته است. واپاشی رادیواکتیو این اتم ها باعث گرم شدن نواحی داخلی زمین می شود.
- دلیل چهارم گرمای هسته، سقوط عناصر سنگین مانند آهن و نیکل به درون هسته است. اصطکاک ناشی از فرایند سقوط این اتم ها، باعث داغ شدن هسته می شود.

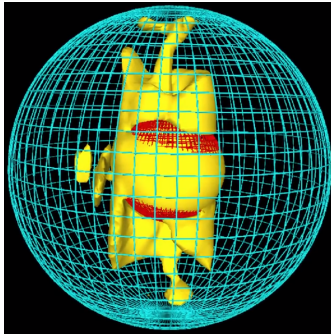


عمق لایه های مختلف زمین



دمای لایه های درونی زمین

## میدان مغناطیسی زمین

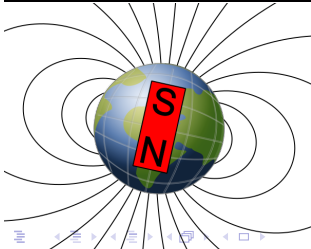


هسته بیرونی زمین از فلز مذاب ( آهن و نیکل ) تشکیل شده است و بنابراین رسانای الکتریسیته است. این مواد مذاب در اثر گرما دچار همرفت می شوند. حرکت این مواد باعث پیدایش میدان مغناطیسی زمین است ( شبیه به حالتی که حرکت پلاسما در خورشید باعث تولید میدان مغناطیسی می شود. )

دوران زمین به دور محور خود باعث می شود که حرکت مواد مذاب به صورت استوانه ای منظم باشد. تاثیر کلی این حرکت باعث می شود که میدان مغناطیسی زمین بسیار شبیه به میدان مغناطیسی یک آهنربای میله ای باشد.

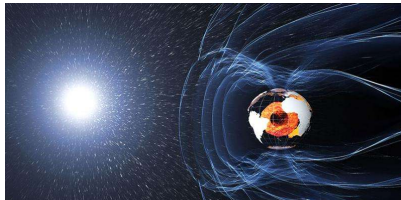
مکان قطب های میدان مغناطیسی زمین به مکان قطب های جغرافیایی بسیار نزدیک است؛ هرچند دقت کنید که قطب شمال مغناطیسی در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی است و برعکس!

میدان مغناطیسی زمین تاثیر بسیار مهمی در انحراف بادهای خورشیدی، و بنابراین نجات حیات بر روی زمین، دارد. چطور؟



## تاثیر میدان مغناطیسی زمین در حفظ حیات

- میدان مغناطیسی زمین تاثیر بسیار مهمی در انحراف بادهای خورشیدی، و بنابراین نجات حیات بر روی زمین، دارد. چطور؟
- پاسخ: میدان مغناطیسی زمین سیاره ما را احاطه کرده است. وقتی ذرات باردار و پراثری خورشیدی به زمین می رسند، بیشتر آنها در اثر برهمکنش با میدان مغناطیسی زمین منحرف می شوند و به صورت مستقیم با جو برخورد نمی کنند. بخشی از ذرات باردار خورشید نیز در میدان مغناطیسی زمین گیر می افتند و شفق قطبی را تشکیل می دهند ( ادامه ). فیلم ۲ را ببینید.
- به جرات می توان گفت که این پدیده یکی از اصلی ترین دلایل در حفظ اتمسفر و آب، و بنابراین حفظ حیات جانداران، بر روی کره زمین است. اگر زمین میدان مغناطیسی نمی داشت، برخورد ذرات پراثری خورشیدی با جو زمین باعث می شد که جو زمین به صورت تدریجی از بین برود.
- میدان مغناطیسی سیاره مریخ ضعیف است و دانشمندان تصور می کنند که به همین دلیل مریخ بیشتر جو خود را تاکنون از دست داده است.





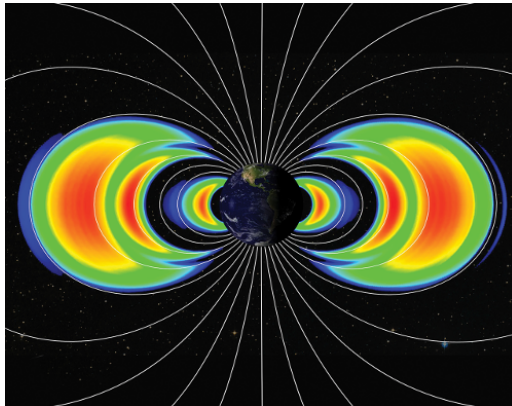
## شفق قطبی

- همانطور که گفته شد، برخی از ذرات باردار و پراثری خورشیدی در دام میدان مغناطیسی زمین به دام می افتند. در نتیجه، این ذرات در ناحیه های شمالگان و جنوبگان زمین به سمت اتمسفر سرازیر شده و با مولکول های موجود در جو برخورد می کنند. این اتفاق در ارتفاع حدوداً ۱۵۰ کیلومتری زمین رخ می دهد. در اثر این برخورد، انرژی مولکول های جو افزایش می یابد. مولکول ها نیز با تابش نور ( در رنگ های مختلف ) انرژی خود را از دست می دهند. مثلاً، نیتروژن نور قرمز و آبی را از خود تابش کرده در حالی که مولکول اکسیژن نورهای قرمز و سبز را ساطع می کند. این پدیده بسیار جالب را شفق قطبی یا شفق شمالی (Aurora) می نامند. فیلم ۳ و ۴!



## کمر بند وان آلن

- ذرات باردار به دام افتاده در میدان مغناطیسی زمین در ناحیه ای از فضا قرار دارند که آن را کمر بند وان آلن می نامند. ناحیه مورد بحث از تراکم نسبتا پرچگالی الکترونها و پروتون ها با انرژی زیاد ناشی می شود. کمر بند وان آلن در دو منطقه هلالی شکل در فاصله نسبتا زیاد از سطح زمین قرار دارد. فیلم ۶ تغییر در شدت و شکل کمر بند وان آلن را نشان می دهد.



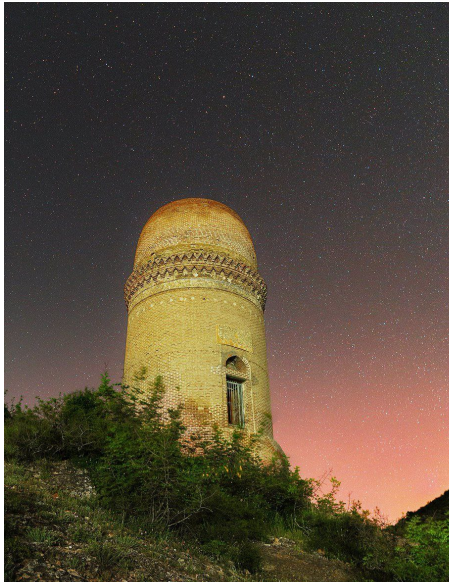
## شفق قطبی در آسمان ایران

- شفق قطبی معمولا در نواحی شمالگان و جنوبگان اتفاق می افتد. ولی برخی اوقات شدت طوفان ژئومغناطیسی به حدی است که شفق قطبی در عرض های جغرافیایی جنوبی تر هم مشاهده می شوند. مثلا در تاریخ ۲۲ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳ چنین اتفاقی رخ داد و شفق قطبی در آسمان ایران رویت شد. تعدادی از عکس های منجمان ایرانی از این پدیده را ببینید.



عکس آزاد کریمی از شفق قطبی در ایران

## شفق قطبی در آسمان ایران



## اهمیت شناخت پدیده های طبیعی

● متن مقابل تصویری از سفرنامه احمد بن فضلان ( فرستاده دربار عباسی ) در سفری به روسیه است. شفق قطبی از دیرباز در روسیه مشاهده شده و مردم روسیه باستان دیدگاهی کاملاً اساطیری نسبت به این پدیده داشته اند. در واقع بیشتر مردمان باستانی ساکن شمال به شوم بودن شفق قطبی اعتقاد داشتند.

● از متن مقابل می توان میزان ترس و وحشت مردم باستان در مقابل پدیده های ناشناخته را کاملاً درک کرد.

● با پیشرفت شاخه های مختلف دانش، اکنون ما دید بسیار بهتری نسبت به جهان داریم و پدیده های وحشت آفرین پیشین به صورت بسیار بهتری فهمیده شده اند. یکی از ماموریت های علم را می توان زدودن دیدگاه های خرافی دانست.

● البته ماموریت دیگر علم پیش بینی پذیری و افزایش دقت در فناوری ها در جهت فراهم کردن یک زندگی بهتر برای انسانهاست. اسلاید بعد را ببینید.

در کشور او عجایب بی شمار دیدم<sup>۱</sup>

از جمله : نخستین شب که در شهر او بسر بردیم تقریباً يك ساعت<sup>۲</sup> پیش از غروب آفتاب دیدم سرخی شدیدی افق آسمان را فرا گرفته و صداهای سخت و هیاوه ای بلندی از آسمان به گوشم می رسید . چون رو به بالا کردم ابر سرخ قلمی را همچون آتش نزدیک خود دیدم . این سروصدا از آن ابر برمی خاست . در آن ابر شکل هایی از مردم و چهارپایان مشاهده می شد .

در میان ابرها اشباحی<sup>۳</sup> که به مردم شباهت<sup>۴</sup> داشتند در نظرم مجسم می شدند که نيزه و شمشیرهایی<sup>۵</sup> در دست داشتند. ناگهان قطعه ای دیگری مانند آن نمودار شد که در میان آن نیز چند تن مرد و چهارپا و مقداری اسلحه نمایان بودند ، این تکه ابر پیش آمد و چون لشکری که به لشکر دیگر حمله ور شود به سوی قطعه ابر دیگر هجوم برد<sup>۶</sup> ما از مشاهده این وضع به وحشت افتادیم و به گریه وزاری و دعا پرداختیم . آنها به ما می خندیدند<sup>۷</sup> و از کار ما به شگفت آمده بودند .

❖❖❖

گفت :

سفرنامه ابن فضلان

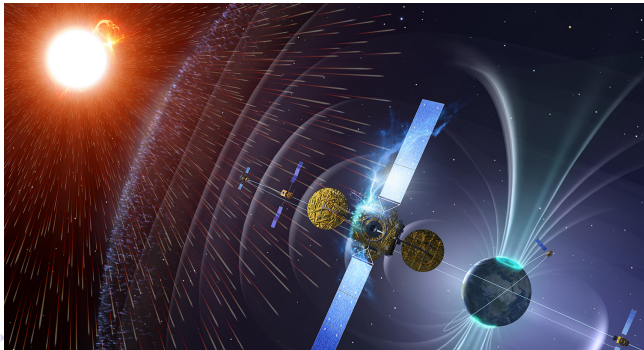
۸۷

دیدم آن تکه ابر همچنان ((بر))<sup>۸</sup> ابر دیگر حملوورد و هر دو یک ساعت بهم در آمیختند سپس از یکدیگر جدا شدند . این وضع تا پاسی از شب<sup>۹</sup> ادامه داشت . آنگاه از نظر پنهان شدند<sup>۱۰</sup>

در این باب انباده شاه استعلام کردیم . وی ادعای کرد که پدرانش می گفتند آنها از مؤمنان و کافران اجنه هستند و هر شب با یکدیگر می جنگند و هنوز از میان نرفته اند و شبها ظاهر می شوند :

## اهمیت شناخت پدیده های طبیعی

جو و میدان مغناطیسی زمین از ما در مقابل تابش های شدید خورشیدی و کیهانی محافظت می کنند. در واقع حتی دستگاه های الکتریکی که ما بر روی زمین استفاده می کنیم نیز به صورتی ساخته شده اند که در شرایط تابش بسیار کم قادر به کار هستند. به بیان دیگر، اگر همین دستگاه ها را در ارتفاع بسیار زیاد از سطح زمین قرار دهیم، به احتمال زیاد از کار می افتند و یا مختل می شوند. بنابراین، قطعات مختلف ماهواره ها باید به صورتی طراحی شوند که تحت تاثیر تابش های شدید خورشیدی و یا کیهانی از کار نیفتند. شناخت میزان و تنوع این تشعشعات در ارتفاعات مختلف از سطح زمین برای طراحی و ساخت ماهواره ها بسیار مهم است.





## مبحث بعدی: هواسپهر و تغییرات اقلیمی

در جلسه بعد، ساختار جو زمین (هواسپهر و یا اتمسفر) را با جزئیات بیشتر مطالعه خواهیم کرد. همچنین خواهیم دید که چطور صنعتی سازی بی رویه باعث تغییرات اقلیمی بسیار خطرناک شده است.





## 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.

elmestan.com  
elmestan@youtube  
elmestan@instagram  
elmestan@aparat