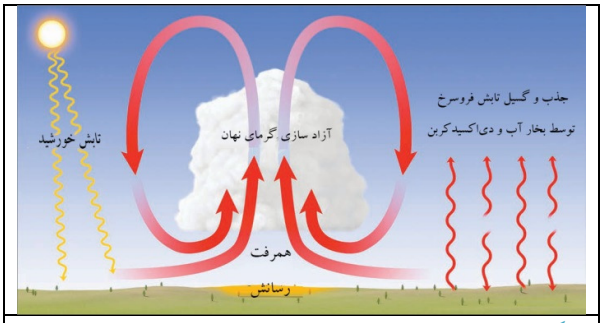
- شب‌های ابری و آرام گرم‌تر از شب‌های بی‌ابر و آرامند چون ابرها تابش‌های فروسرخ را به سوی زمین پس‌می‌تابانند.
- اثرگلخانه‌ای پدیده‌ی نگران کننده‌ای نیست بلکه تقویت اثرگلخانه‌ای بر اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای مشکل‌آفرین است.
- چون غلظت گازهای گلخانه‌ای رو به افزایش است پیش‌بینی می‌شود که میانگین دمای سطحی در دهه‌های آینده افزایش یابد.

بر پایه‌ی آن چه تاکنون آموخته‌ایم اینک به بررسی چگونگی گرم شدن هوای نزدیک زمین می‌پردازیم و سپس ترازمندی سالانه‌ی انرژی زمین و هواسپهر را بررسی می‌کنیم.

هوا از پایین گرم می‌شود اگر دوباره به نگاره‌ی ۱۲-۲ نگاهی بیاندازید می‌بینید که هواسپهر تابش‌های بین ۰/۳ تا ۱/۰ میکرومتر (طول موج‌هایی که خورشید بیش‌ترین تابش خود را در آن گسیل می‌کند) را به آسانی جذب نمی‌کند. در نتیجه در یک روز بی‌ابر تابش‌های خورشیدی بدون آن که اثر چندانی بر هوا بگذارند از میان هواسپهر می‌گذرند و سرانجام به سطح زمین می‌رسند. سطح زمین تابش‌های خورشیدی را جذب کرده و گرم می‌شود (●نگاره‌ی ۱۴-۲). مولکول‌های هوا در برخورد با سطح گرم زمین از راه رسانش انرژی می‌گیرند. این مولکول‌ها تنها با طی حدود یک ده‌میلیونیم متر به مولکول دیگری برخورد می‌کنند (زیرا در نزدیکی سطح زمین چگالی زیاد است) و انرژی خود را با آن‌ها بخش می‌کنند. در نتیجه دمای هوا افزایش می‌یابد. اما رسانایی گرمایی هوا آن چنان ناچیز است که این فرایند تنها تا فاصله‌ی چند سانتی‌متری سطح زمین کارایی دارد.



●نگاره‌ی ۱۴-۲ در هواسپهر پایینی هوا از پایین به بالا گرما می‌گیرد. نور خورشید سطح زمین را گرم می‌کند و هوا از راه رسانش، همرفت و تابش فروسرخِ سطح زمین گرم می‌شود. با رخداد چگالش نیز مقداری گرمای نهان در هوا آزاد می‌شود و آن را گرم می‌کند.

هوای نزدیکی سطح زمین که گرم شود چگالی آن نسبت به هوایی که درست روی آن است کم‌تر می‌شود. هوای گرم به بالا رفته و هوای سرد فرومی‌آید. حباب‌های گرمایی (هسته‌های همرفت آزاد) پدیدار می‌شوند و گرما در ستبرای بیش‌تری از هواسپهر بازپخش می‌شود. هوای بالارونده منبسط و سرد می‌شود و اگر رطوبت کافی داشته باشد چگالش رخ می‌دهد، ابر پدیدار می‌شود و گرمای نهان در هوا آزاد می‌کند که هوا را گرم خواهد کرد. در عین حال زمین پیوسته در حال گسیل تابش‌های فروسرخ است. گازهای گلخانه‌ای همچون بخارآب و دی‌اکسیدکربن بخشی از این تابش را جذب کرده، گرم شده و خود در همه سو تابش فروسرخ گسیل می‌کنند که بخشی از آن به سطح زمین بازگشته و بخش دیگری به فضای کیهانی می‌رود. از آن جا که با افزایش ارتفاع از بخارآب هوا به شدت کاسته می‌شود بیش‌ترین مقدار جذب تابش توسط بخارآب در لایه‌های زیرین هواسپهر انجام می‌پذیرد. بنابر این هواسپهر پایینی اصولاً از پایین به بالا گرم می‌شود.

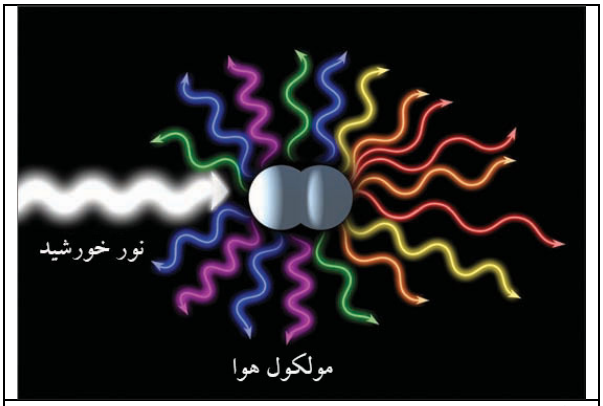
درونداد انرژی خورشیدی

انرژی تابشی خورشید بدون مزاحمت فضای کیهانی را درمی‌نوردد تا به هواسپهر زمین می‌رسد. مقدار تابشی که در سقف هواسپهر در هر دقیقه به هر سانتی‌متر مربعِ سطحی که بر راستای پرتوها عمود باشد می‌رسد تقریباً ثابت و برابر ۱۳۶۷ وات بر متر مربع است که آن را پایای خورشیدی می‌نامند. {یادداشت: طبق تعریف پایای خورشیدی که البته چندان هم پایا نیست برابر است با آهنگ انرژی خورشیدی دریافتی در مرز جو بر روی سطحی عمود بر جهت پرتوهای خورشیدی در صورتی که زمین و خورشید در فاصله‌ی میانگین خود از یکدیگر باشند. اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ایِ ترازمندی تابش زمین نشانگر آن است که با تغییر فعالیت‌های خورشیدی پایای خورشیدی هم اندکی تغییر می‌کند. میانگین پایای خورشیدی ۱/۹۶ کالری بر سانتی‌متر مربع در دقیقه است. مقدار پایای خورشیدی بین ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۲ وات بر متر مربع در نوسان است.}

{۸} دیده‌بان

پای اثرگلخانه‌ای که در میان باشد ناهید یکه‌تاز است. هواسپهر این سیاره عمدتاً از دی‌اکسیدکربن است و از این گذشته هواسپهر آن بسیار چگال است. در نتیجه اثرگلخانه‌ای، دمای سطحی این سیاره را به ۵۰۰ درجه‌ی سلسیوس رسانده است.

پراکندگی و بازتاب نور همان دم که تابش وارد هواسپهر شود اندرکنش‌های آن آغاز می‌شود. مثلاً در همان هواسپهر بالایی اوزون بخشی از انرژی تابشی را جذب می‌کند. از این گذشته نور در برخورد با ذرات بسیار ریز مانند مولکول‌های هوا و ذرات غبار به همه سو منحرف می‌شود (●نگاره‌ی ۱۵-۲). این گونه پراکنده شدن نور در همه‌ی جهات را پراکندگی می‌نامند و نوری را که دستخوش این گونه پراکندگی شده باشد نور پراکنده یا نورپخشی می‌گویند. از آن جا که مولکول‌های هوا بسیار ریزتر از طول موج نور است طول موج‌های کوتاه‌تر (آبی) خیلی بیش از طول موج‌های بلندتر (سرخ) پراکنده می‌شوند. به همین سبب است که در هنگام روز از هر سو نور آبی به چشم بیننده می‌رسد و آسمان را آبی می‌بیند.



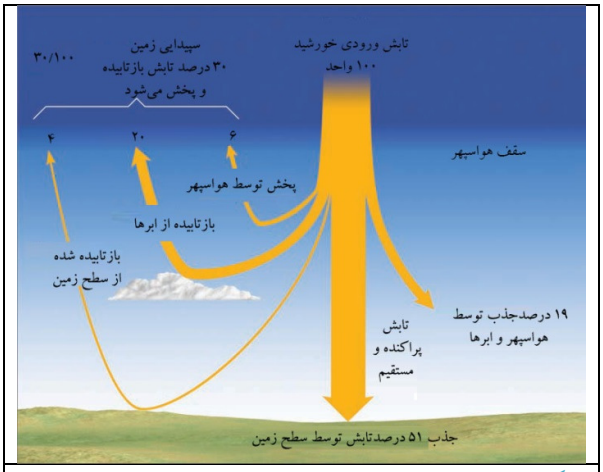
●نگاره‌ی ۱۵-۲ پراکندگی نور توسط مولکول‌های هوا. مولکول‌های هوا ویژگی پراکنش گزینشی دارند یعنی نورهای موج کوتاه (بنفش، سبز و آبی) را بیش از نورهای موج بلند (نارنجی، زرد و سرخ) پراکنده می‌کنند.

اجسام، نور خورشید را بازتاب می‌کنند. تفاوت پراکندگی و بازتاب در این است که در پراکندگی، پرتوِ برخوردی به جسم در تمام جهات پراکنده می‌شود در صورتی که در بازتاب، تابش برخوردی عمدتاً در همان جهت برخورد بازپس می‌گردد. میزان بازتابندگی یک سطح را سپیدایی می‌نامیم. سپیدایی عبارت است از نسبت پرتوهای بازگشتی از یک سطح به کل تابش فرود آمده بر آن. ▼جدول ۳-۲ نشانگر آن است که سپیدایی ابرهای ستبر بیش از ابرهای نازک است. میانگین سپیدایی ابرها ۶۰ درصد است. هر گاه نور خورشید به سطحی پوشیده از برف برخورد کند بیش از ۹۵ درصد آن بازتاب خواهد شد. بخش عمده‌ی این پرتوهای بازتاب شده را طول موج‌های دیدنی (مرئی) و فرابنفش تشکیل می‌دهند. به همین سبب است که در برف، پوست انسان می‌سوزد و از شدت نور چشم دچار نابینایی موقت می‌شود.

▼جدول ۳-۲ سپیدایی چند سطح مختلف

سطح	سپیدایی (درصد)
برف تازه	۷۵ تا ۹۵
ابر ستبر	۶۰ تا ۹۰
ابر نازک	۳۰ تا ۵۰
ناهید	۷۸
یخ	۳۰ تا ۴۰
ماسه	۱۵ تا ۴۵
دستگاه زمین - هواسپهر	۳۰
بهرام	۱۷
علفزار	۱۰ تا ۳۰
زمین شخم شده (خشک)	۵ تا ۲۰
آب (میانگین روزانه)	۱۰
جنگل	۳ تا ۱۰
ماه	۷

سطح آب بخش کمی از تابش‌های خورشیدی را بازتاب می‌کند. میانگین سپیدایی سطح یک آبگیرِ آرام حدود ده درصد است. البته اگر خورشید مایل به سطح آب بتابد یا آب موّاج باشد سپیدایی آب بسیار زیاد می‌شود. به همین سبب هنگام پگاه (بامداد) و ایوار (شامگاه)، ماهیگیران با وجود بر سر گذاشتن کلاه لبه‌دار دچار آفتاب‌سوختگی می‌شوند. زمین و هواسپهر (و ابرها) سالانه به طور متوسط ۳۰ درصد از تابش‌های خورشیدی را به فضای کیهانی بازتاب می‌کنند یعنی سپیدایی سیاره‌ی ما حدود ۳۰ درصد است (●نگاره‌ی ۱۶-۲).



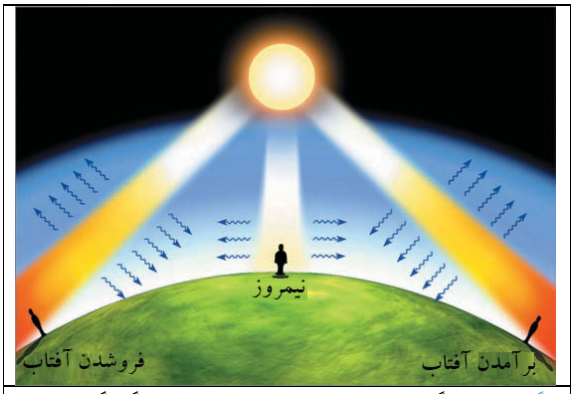
نگاره‌ی ۱۶-۲ از مجموع تابش‌های خورشیدی سالانه حدود ۳۰ درصد آن به سوی فضای کیهانی بازتاب و پراکنده می‌شود.به بیان دیگر سپیدایی زمین ۳۰ درصد است. از آن چه می‌ماند ۱۹ درصد را هواسپهر و ۵۱ درصد را سطح زمین جذب می‌کنند.

ترازمندی سالانه‌ی انرژی دمای یک نقطه‌ی معین ممکن است از سالی به سال دیگر تغییر چشمگیری پیدا کند اما میانگین دمای تعادلی زمین چندان تغییر نمی‌کند. این بدان معناست که مقدار سالانه‌ی تابش دریافتی و گسیلی زمین با هم برابر (ترازمند) است. همین ترازمندی انرژی بین زمین و هواسپهر نیز برقرار است. به بیان دیگر مقدار تابشی که زمین هر ساله به هواسپهر می‌فرستد باید با مقدار تابشی که جذب می‌کند برابر باشد. در غیر این صورت میانگین دمای سطح زمین تغییر می‌کند. زمین و هواسپهر چگونه به این ترازمندی دست می‌یابند؟

{۷} درنگ و نگاهی به دیده‌بانی‌ها: آبی آسمان، سرخی خورشید و سپیدی ابر

آسمان از آن رو آبی است که مولکول‌های هوا طول موج‌های کوتاه‌تر (سبز، بنفش و آبی) را بیش از طول موج‌های بلند (سرخ، نارنجی و زرد) پراکنده می‌کنند (نگاره‌ی ۱۴-۲). این پرتوهای پراکنده که به چشم برسند مغز آن‌ها را به عنوان رنگ آبی شناسایی می‌کند. پس در یک روز آفتابی سر که به آسمان برمی‌داریم نور آبی از هر سو به چشممان می‌رسد و آسمان را آبی می‌بینیم.

در هنگام نیمروز خورشید را سپید می‌بینیم چون همه‌ی طول‌موج‌های مرئی به چشم می‌رسند (نگاره‌ی ۵). در هنگام پگاه و ایوار نور خورشید مسافت زیادی را در هواسپهر درمی‌نوردد تا به چشمان ما برسد. بنابر این بخش زیادی از نور آبی که بر اثر پراکندگی حذف می‌شود دیگر به چشم ما نمی‌رسد و نور سرخ و نارنجی و زرد را می‌بینیم. به همین سبب خورشید را در هنگام پگاه و ایوار سرخ می‌بینیم (نگاره‌ی ۶).



نگاره‌ی ۵ در هنگام نیمروز خورشید سپید و درخشان است. در هنگام پگاه و ایوار نور خورشید ستبرای زیادی از هواسپهر را می‌پیماید. بخش زیادی از نور آبی بر اثر پراکنش از دیدرس خارج می‌شود و به همین سبب خورشید سرخ فام به چشم می‌رسد.

نگاره‌ی ۶ خورشید سرخ فام که دستاورد پراکنش نور آبی است.

دلیل رنگ آبی آسمان را دانستیم اما چرا ابرها سپیدند؟ قطره‌چه‌های ابر بسیار بزرگ‌تر از مولکول‌های هوا هستند و ویژگی پراکنش گزینشی ندارند. قطره‌چه‌ها همه‌ی طول موج‌های مرئی را تقریباً به یک اندازه پراکنده می‌کنند (نگاره‌ی ۷). چون میلیون‌ها قطره‌چه همه‌ی طول موج‌ها را تقریباً به یک اندازه پراکنده می‌کنند ابرها سپید به نظر می‌آیند.

نگاره‌ی ۷ قطره‌چه‌های ابر همه‌ی طول موج‌های مرئی را تقریباً به یک اندازه پخش می‌کنند. سپیدی ابرها به سبب همین نوری است که به این گونه توسط میلیون‌ها قطره‌چه‌ی ابر پراکنده می‌شود.

فرض کنید زمین در سقف هواسپهر صد واحد انرژی از خورشید دریافت کند. در این صورت چنان که نگاره‌ی ۱۶-۲ هم نشان می‌دهد زمین، ابرها و هواسپهر حدود ۳۰ واحد از این انرژی تابشی را به سوی فضای کیهانی پراکنده و بازتاب می‌کنند. هواسپهر و ابرها ۱۹ واحد آن را جذب می‌کنند و در نتیجه ۵۱ واحد، تابشِ مستقیم و غیرمستقیم نصیب سطح زمین می‌شود. حال ببینیم بر سر تابشی که هواسپهر و سطح زمین جذب می‌کنند چه می‌آید (نگاره‌ی ۱۷-۲). از ۵۱ واحدی که نصیب سطح زمین می‌شود ۲۳ واحد آن صرف تبخیر آب می‌شود. ۷ درصد آن از راه رسانش و همرفت از دست می‌رود و ۲۱ درصد دیگر به صورت تابش فروسرخ از سطح زمین گسیل می‌شود. اگر به نگاره‌ی ۱۷-۲ دقت کنید درمی‌یابید که سطح زمین عملاً ۱۱۷ واحد انرژی به بالا گسیل می‌کند. دلیلش هم این است که زمین تنها هنگام روز انرژی خورشیدی دریافت می‌کند در صورتی که شب و روز پیوسته در حال گسیل تابش‌های فروسرخ است. افزون بر این هواسپهر تنها به شش درصد از این انرژی اجازه‌ی خروج به فضای کیهانی را می‌دهد و ۱۱۱ واحد انرژی گسیل شده از سطح زمین توسط گازهای گلخانه‌ای (بخارآب، دی‌اکسیدکربن) و ابرها جذب می‌شود. ۹۶ واحد از همین انرژی دوباره به سطح زمین بازمی‌گردد که همان اثرگلخانه‌ای است. بنابر این مقدار امواج بلندی که سطح زمین از هواسپهر دریافت می‌کند دو برابر امواج کوتاهی است که از خورشید می‌گیرد. پس از همه‌ی این تبادلات می‌بینید که آن چه سطح زمین دریافت کرده (۱۴۷ واحد) و آن چه از دست داده (۱۴۷ واحد) با هم برابرند.

{۸} درنگ و نگاه: ویژگی‌های خورشید

خورشید نزدیک‌ترین ستاره به ماست. فاصله‌ی زمین تا خورشید ۱۵۰ میلیون کیلومتر است. پس از خورشید آلفا قنطورس نزدیک‌ترین ستاره به ما است که فاصله‌ی آن تا زمین ۲۵۰ هزار برابر فاصله‌ی زمین تا خورشید است. با این حال تنها یک دو میلیاردیم انرژی گسیل یافته از خورشید نصیب زمین می‌شود و همین انرژی است که زندگی بر زمین را به راه انداخته است. آهنگ فرایند نورساخت گیاهان و شدت تبخیر آب اقیانوس‌ها وابسته به همین انرژی است. همین انرژی است که زمین را گرم می‌کند و هواسپهر را به پیش می‌راند. بادها را می‌وزاند و الگوهای پویای هوای روزانه را پدید می‌آورد. بدون نور خورشید زمین اندک اندک سرد و خاموش می شود و زیر لایه‌ای از یخ می‌میرد. خورشید میلیاردها سال است که می‌درخشد و خوشبختانه میلیاردها سال دیگر هم خواهد درخشید.

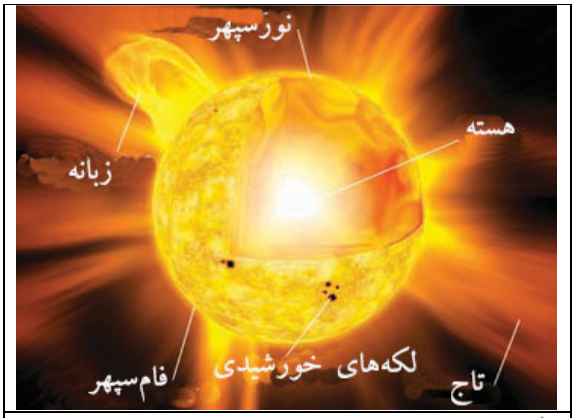
هسته‌ی خورشید فوق‌العاده داغ است و دمای آن به ۱۵ میلیون درجه‌ی سلسیوس می‌رسد. در چنین دمایی هسته‌ی اتم‌های هیدروژن (پروتون‌ها) با چنان سرعتی در حرکتند که در برخورد با یکدیگر به هم جوش خورده و اتم هلیوم را می‌سازند. از این فرایند آنچنان انرژی کلانی آزاد می‌شود که می‌تواند خود را به سطح درخشان خورشید (شیدسپهر) برساند. دمای سطح خورشید بسیار کم‌تر و حدود ۵۷۷۸ کلوین است. پیش از این دیدیم که جسمی با این دما بیش‌ترین تابش خود را در پهنه‌ی مرئی منتشر می‌کند. در واقع خورشید نمونه‌ی بارز چنین جسمی است.

بر سطح خورشید لکه‌های سیاه رنگی پدیدار می‌شود که نسبت به پیرامون خود سردترند و لکه‌های خورشیدی نامیده می‌شوند. قطر هر یک از این لکه‌ها چندین برابر قطر زمین است. با این که شناخت زیادی از این لکه‌ها نداریم اما می‌دانیم که کنش‌های مغناطیسی (آهنربایی) در آن‌ها زیاد است. فراوانی این

لکه‌ها چرخه‌ی یازده ساله دارد.

بر روی شیدسپهر فام‌سپهر و تاج خورشید قرار گرفته‌اند (نگاره‌ی ۸). فام‌سپهر مرز میان شیدسپهر نسبتاً سردتر (۵۷۷۸ کلوین) و تاج نسبتاً داغ‌تر (دو میلیون کلوین) خورشید است. در هنگام خورشیدگرفتگی تاج خورشید را می‌توان دید. با این که دمای تاج خیلی بیش از شیدسپهر است اما به دلیل چگالی کم، انرژی بسیار کم‌تری گسیل می‌کند. تاج خورشید تا چند میلیون کیلومتری خورشید گسترش دارد.

گاهی در محل لکه‌ها، فعالیت‌های خورشیدی شدیدی رخ می‌دهد که سرچشمه‌ی گسیل مقادیر بسیار زیادی تابش فرابنفش و ذرات (الکترون و پروتون) باردار پرانرژی است که با سرعت بسیار زیاد به اطراف جریان می‌یابند.

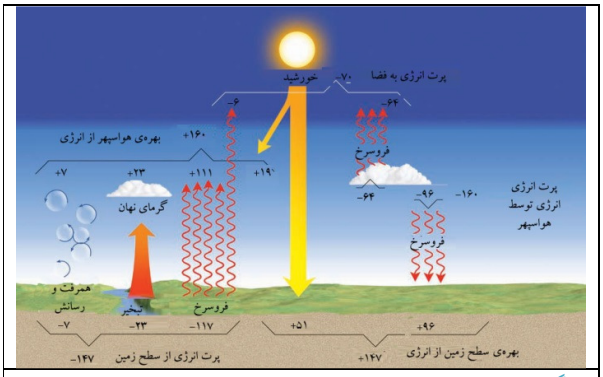


●نگاره‌ی ۸ بخش‌های مختلف خورشید

توفان‌های شدید خورشیدی میدان مغناطیسی (آهنربایی) زمین را برهم‌میزنند که به آن توفان آهنربایی می‌گویند. این توفان‌ها می‌توانند ویژگی‌های الکتریکی هواسپهر بالایی را برهم‌بزنند و از این راه در ارتباطات رادیویی و ماهواره‌ای اختلال ایجاد کنند. مانند اختلالات اسفند ۱۳۶۷ و اردیبهشت ۱۳۷۷.

همین ترازمندی تابشی بین سطح زمین و هواسپهر هم وجود دارد. یعنی هواسپهر ۱۶۰ واحد دریافت و ۱۶۰ واحد هم از دست می‌دهد. از این گذشته در مقیاس سالانه میانگین انرژی خورشیدی که جذب سطح زمین (۵۱ واحد) و هواسپهر (۱۹ واحد) می‌شود با مقدار تابش‌های فروسرخی که از سطح زمین (۶۴ واحد) و هواسپهر (۶۴ واحد) به فضای کیهانی می‌گریزد ترازمند است.

اگر به ترازمندی تابشی دقت کنیم به نقشی که رسانش، همرفت و گرمای نهان در گرم گردن هواسپهر دارند پی خواهیم برد. سطح زمین ۱۴۷ واحد انرژی از خورشید و از هواسپهر دریافت می‌کند و ۱۱۷ واحد تابش می‌کند. پس ۳۰ واحد بالابود دارد. از سوی دیگر هواسپهر ۱۳۰ واحد دریافت می‌کند؛ ۱۹ واحد از خورشید و ۱۱۱ واحد از سطح زمین. در صورتی که هواسپهر ۱۶۰ واحد انرژی از دست می‌دهد یعنی ۳۰ واحد کمبود دارد. این ۳۰ واحد که بین زمین و هواسپهر تراز می‌شود از راه فرایند رسانش و همرفت (۷ واحد) و آزادسازی گرمای نهان (۲۳ واحد) مبادله می‌شود.

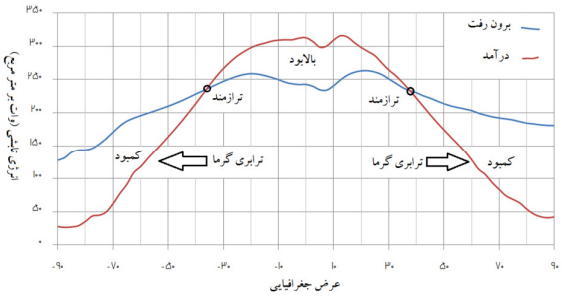


●نگاره‌ی ۱۷-۲ **ترازمندی انرژی زمین و هواسپهر. اعداد روی نمودار تقریب‌هایی است که از داده‌های سطحی و ماهواره‌ای به دست آمده‌اند. مقدار واقعی اعداد ممکن است چند درصد کم و زیاد شود اما آن چه مهم است ارزش نسبی مقادیر نسبت به یکدیگر است.**

پس زمین و هواسپهر هم از خورشید انرژی می‌گیرند و هم از یکدیگر. در تمامی این مبادلاتِ انرژی یک ترازمندی ظریف دیده می‌شود. اساساً کل انرژی سالانه بالابود و کمبود پیدا نمی‌کند و دمای زمین و هواسپهر در مقیاس سالانه ثابت می‌ماند. این تعادل به آن معنی نیست که میانگین دمای زمین تغییر نمی‌کند بلکه به آن معناست که تغییرات سالانه‌ی دما ناچیز و در حد ۰/۱ درجه‌ی سلسیوس در سال است و تنها با بررسی چندین سال پیاپی این تغییر خود را نشان می‌دهد.

گرچه انرژی سالانه‌ی زمین و هواسپهر ترازمند است اما این ترازمندی را در عرض‌های جغرافیایی مختلف نمی‌بینیم. در عرض‌های بالای جغرافیایی مقدار پرتِ انرژی از مقدار انرژی

خورشیدی دریافتی این مناطق بیش‌تر است. در عرض‌های پایین دریافت سالانه‌ی انرژی از پِرت انرژی بیش‌تر است. تنها در عرض میانه (در نزدیکی ۳۸ درجه) میزان دریافت و پِرت انرژی ترازمند است (●نگاره‌ی ۱۸-۲). پس پهنه‌های قطبی باید هر ساله سرد و سردتر و پهنه‌های حاره‌ای گرم و گرم‌تر شوند. اما چنین چیزی رخ نمی‌دهد. پس سازوکاری برای جبران این کمبود و بالابود وجود دارد. جریان هوا در هواسپهر و جریان آب در اقیانوس گرما را از عرض‌های پایین به عرض‌های بالا و سرما را از عرض‌های بالا به پایین می‌برند. ترابری انرژی گرمایی توسط جریان هوا و آب نمی‌گذارد که سرد شدن عرض‌های بالا و گرم شدن عرض‌های پایین تداوم پیدا کند. پس این جریان‌ها نقش بسیار بسیار مهمی در هوا و آب و هوا دارند.



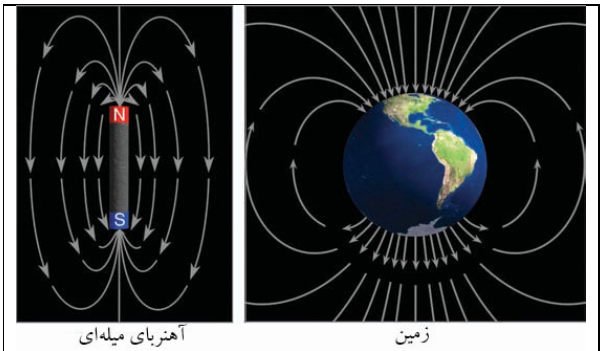
●نگاره‌ی ۱۸-۲ **میانگین سالانه‌ی تابش دریافتی جذب شده توسط سطح زمین و هواسپهر (درآمد) و میانگین سالانه‌ی تابش‌های فروسرخ گسیل یافته از زمین و هواسپهر (برون رفت). درآمد و برون رفت انرژی تابشی در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه‌ی شمالی و جنوبی ترازمند است. جریان‌های جوی و اقیانوسی گرما را از مناطق بالابود به مناطق کمبود انتقال می‌دهند.**

تا این جا انرژی تابشی زمین و خورشید را بررسی کردیم. اینک به بررسی پدیده‌ی شفق قطبی می‌پردازیم.

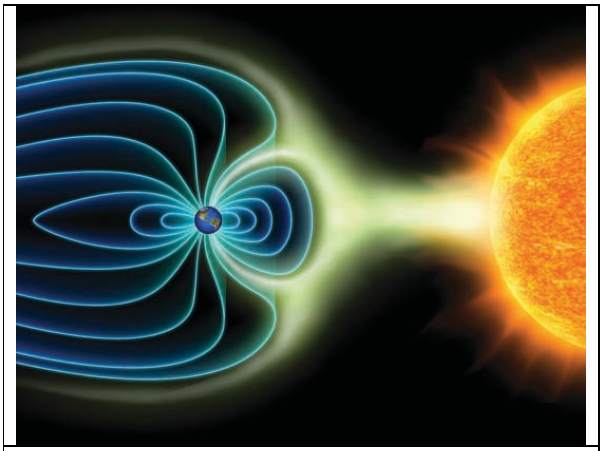
ذرات خورشیدی و شفق قطبی خورشید پیوسته ذرات باردار را به اطراف می‌پراکند. به دلیل دمای بسیار زیاد، ذرات در برخوردهای شدیدی که با هم پیدا می‌کنند الکترون از دست می‌دهند. این الکترون‌ها آن چنان سرعتی دارند که می‌توانند از میدان گرانشی خورشید بگریزند.

این ذرات باردار (یون‌ها و الکترون‌ها) که فضا را می‌پیمایند پلازما یا باد خورشیدی نامیده می‌شوند. هر گاه باد خورشیدی به اندازه‌ی کافی به زمین نزدیک شود با میدان آهنربایی زمین اندرکنش می‌کند.

میدان آهنربایی گرداگرد زمین بسیار همانند میدانی است که پیرامون یک آهنربای میله‌ای معمولی وجود دارد (●نگاره‌ی ۱۹-۲). در هر دو مورد قطب شمال و قطب جنوب داریم که خطوط نیرو (خطوط میدان) آن دو را به هم متصل می‌کنند. خطوط میدان حلقه‌های بسته‌ای هستند که از قطب جنوب خارج و به قطب شمال وارد می‌شوند. بسیاری از دانشمندان بر این باورند که حرکات درون هسته‌ی مذاب و داغ زمین سبب پیدایش این میدان می‌شود. همین میدان است که زمین را تا اندازه‌ای از بادهای خورشیدی در امان نگه می‌دارد.



●نگاره‌ی ۱۹-۲ **میدان آهنربایی پیرامون زمین همانند میدان دور یک آهنربای معمولی است.**



●نگاره‌ی ۲۰-۲ **میدان آهنربایی زمین که بادهای خورشیدی آن را دگریخت کرده و به شکل یک قطره اشک در آورده است.**

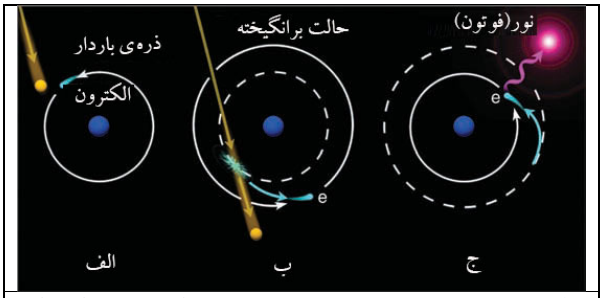
هر گاه باد خورشیدی به میدان آهنربایی زمین برخورد کند آن را به شکل یک قطره اشک، دگریخت می‌کند (●نگاره‌ی ۲۰-۲). فشار ناشی از باد خورشیدی نیمه‌ی رو به خورشید میدان را فشرده می‌کند و نیمه‌ی پشت به خورشید به

شکل دُمی کشیده در می‌آید که حتی از مدار ماه هم آن سوتر می‌رود. در واقع میدان آهنربایی، ذرات باردار را ناچار می‌کند که زمین را دور بزنند و به این ترتیب زمین را از آسیب آن‌ها حفظ می‌کند.

در درون میدان آهنربایی زمین گازهای یونی وجود دارند. برخی از این گازها همان ذرات بادهای خورشیدی هستند و برخی دیگر یون‌های موجود در هواسپهر بالایی هستند که در راستای خطوط میدان بالا رفته و خود را به سپر آهنربایی زمین رسانده‌اند.

معمولاً بادهای خورشیدی با سرعت ۴۰۰ کیلومتر بر ثانیه به زمین نزدیک می‌شوند. البته در زمان بیشینه‌ی فعالیت خورشید (افزایش لکه‌ها و شراره‌های خورشیدی) بادهای خورشیدی چگال‌تر، سریع‌تر و پرانرژی‌تر می‌شوند. این ذرات انرژی با نزدیک شدن به زمین پدیده‌های گوناگونی ایجاد می‌کنند که دگریختی میدان آهنربایی زمین و پیدایش شفق قطبی از آن جمله‌اند.

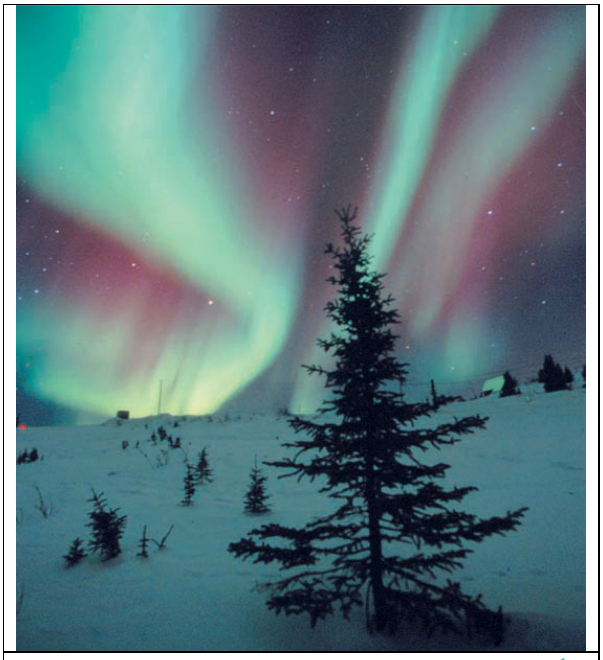
شفق قطبی ناشی از دگریختی میدان آهنربایی زمین توسط بادهای خورشیدی است. ذرات باردار خورشیدی وارد هواسپهر بالایی شده و سبب برانگیختگی اتم‌ها و مولکول‌های هوا می‌شوند. گازهای برانگیخته نورانی می‌شوند و در آسمان همچون رقص نور پدیدار می‌شود.



●نگاره‌ی ۲۱-۲ هر گاه یک اتم، یون یا مولکولِ برانگیخته از برانگیختگی درآید نور پس‌می‌دهد. (۱) یک ذره‌ی باردار، الکترونی که در مدار معمولی خود قرار دارد را برمی‌انگیزد. (۲) الکترون به یک تراز انرژی بالاتر می‌جهد. هنگامی که الکترون به مدار پیشین خود بازمی‌گردد (۳) یک فوتون نور آزاد می‌کند.

هر گاه ذرات باردار و پرانرژی به مولکول‌های هوا برخورد کنند بخشی از انرژی خود را به آن‌ها منتقل می‌کنند. در این مولکول‌های برانگیخته، الکترون به یک تراز انرژی بالاتر می‌جهد. زمانی که مولکول از حالت برانگیختگی خارج شده و الکترون به تراز پیشین خود بازمی‌گردد همان انرژی که در آغاز از ذره‌ی باردار دریافت کرده بود را به یک باره یا گام به گام آزاد می‌کند(●نگاره‌ی ۲۱-۲). انرژی حاصل از این عمل به صورت تابش گسیل می‌شود. اگر طول موج این تابش در پهنه‌ی مرئی باشد می‌توان آن را دید و همین نور است که در نیمکره‌ی شمالی به آن شفق شمالی می‌گویند.

چون هر یک از گازها ترازهای انرژی ویژه دارند هر یک از گازها رنگ ویژه‌ای پدیدار می‌سازند. مثلاً مولکول‌های اکسیژن رنگ سبز و سرخ و مولکول‌های نیتروژن رنگ سرخ و بنفش می‌دهند (●نگاره‌ی ۲۲-۲).



●نگاره‌ی ۲۲-۲ شفق شمالی که بر اثر اندرکنش ذرات باردار پرانرژی خورشیدی با مولکوهای هواسپهر پدید می‌آید.

جمع‌بندی

در این پاره از کتاب تفاوت دما و گرما و شیوه‌های ترابری گرما را بررسی کردیم. دانستیم که گرمای نهان از سرچشمه‌های مهم انرژی هواسپهر است. دیدیم که رسانش یعنی انتقال انرژی بر اثر برخورد مولکول‌ها و آموختیم که این روش ترابری گرما در جامدات مؤثرتر است. چون هوا رسانای خوبی برای گرما نیست رسانش تنها در مورد هوای مجاور سطح زمین کارایی دارد. همرفت نیز از شیوه‌های ترابری گرما است. همرفت یعنی انتقال

جرم هوا یا هر شاره‌ی دلخواه، همراه با انرژی موجود در آن، از محلی به محل دیگر. تابش نیز از شیوه‌های ترابری انرژی است که توسط امواج الکترومغناطیس انجام می‌گیرد.

خورشید سوزان بخش بزرگی از انرژی خود را در طول موج‌های کوتاه گسیل می‌کند. بخشی از انرژی خورشیدی صَرف گرم کردن زمین می‌شود و زمین نیز هوای مجاور خود را گرم می‌کند. زمین بسیار سردتر از خورشید است و بخش بزرگی از انرژی خود را در طول موج‌های بلند (فروسرخ) گسیل می‌کند. بخارآب و دی‌اکسیدکربن دارای جذب گزینشی هستند. این گازها بخشی از تابش فروسرخ زمین را جذب کرده، گرم می‌شوند و تابش فروسرخ از خود گسیل می‌کنند که بخشی از آن باز به سطح زمین بازمی‌گردد. این پدیده را اثر گلخانه‌ای می‌نامند. چون ابرها هم تابش فروسرخ را جذب و هم گسیل می‌کنند شب‌های آرام و ابری از شب‌های آرام و صاف گرم‌تر می‌شوند. میانگین دمای تعادلی زمین از سالی به سال دیگر چندان تغییر نمی‌کند چون مقدار جذب و گسیل انرژی تقریباً با هم برابر است.

سرانجام دیدیم که ذرات باردار و پرانرژیِ بادهای خورشیدی با مولکول‌های هواسپهر اندرکنش دارند و پدیده‌هایی همچون شفق قطبی را پدید می‌آورند.

واژه‌های کلیدی

واژه‌های زیر همراه با شماره صفحه و به ترتیبی که در متن آمده‌اند فهرست شده‌اند. هر واژه را تعریف کنید. با این کار در واقع مفاهیمی که در این پاره‌ی کتاب آمده بود را بازخوانی می‌کنید.

انرژی ()، انرژی پتانسیل ()، انرژی جنبشی ()، دما ()، گرما ()، صفر مطلق ()، مقیاس کلوین ()، مقیاس سلسیوس ()، گنجایش گرمایی ()، گرمای ویژه ()، گرمای نهان ()، گرمای محسوس ()، رسانش ()، همرَفت ()، حباب‌های گرمایی ()، فرارفت ()، انرژی تابشی ()، امواج الکترومغناطیس ()، طول موج ()، فوتون ()، قانون استفان-بولتزمن ()، قانون وین ()، تابش موج بلند ()، تابش موج کوتاه ()، پهنه‌ی مرئی ()، تابش فرابنفش ()، تابش فروسرخ ()، جسم سیاه ()، دمای تعادلی تابشی ()، جذب گزینشی ()، قانون کرشهوف ()، اثر گلخانه‌ای ()، پنجره‌ی هواسپهر ()، پایای خورشیدی ()، پراکندگی ()، بازتاب ()، سپیدایی ()، باد خورشیدی ()، شفق قطبی ().

پرسش و بازخوانی

۱ میانگین تندی مولکول‌ها چه پیوندی با دما دارد؟

۲ تفاوت دما و گرما در چیست؟

۳ دمای کلوین و سلسیوس چه تفاوتی با هم دارند؟ چرا در محاسبات علمی مقیاس کلوین کاربرد دارد؟ گمان می‌کنید دمای ۲۵۰ کلوین را سرد احساس کنید یا گرم؟ شرح دهید.

۴ در زمستان ترابری گرما به روش رسانش، همرَفت و تابش چگونه است؟

۵ چرا گرمای نهان از سرچشمه‌های مهم انرژی هواسپهر است؟

۶ تفاوت همرفت و فرارفت در چیست؟

۷ چه پیوندی میان دمای یک جسم و گسیل تابش از آن جسم وجود دارد؟

۸ چه تفاوتی بین تابش گسیل یافته از زمین و تابش گسیل یافته از خورشید هست؟

۹ طول موج بیشینه‌ی تابش خورشید و زمین چه تفاوتی دارد؟

۱۰ فوتونِ کدام یک از امواج فروسرخ، مرئی، و فرابنفش پرانرژی‌تر است؟

۱۱ هر گاه جسمی به دمای تعادل تابشی برسد چه می‌شود؟

۱۲ اگر زمین پیوسته در حال تابش است پس چرا سرد و سردتر نمی‌شود؟

۱۳ چرا می‌گوییم بخارآب و دی‌اکسیدکربن دارای جذب گزینشی هستند؟

۱۴ اثر گلخانه‌ای هواسپهر چگونه کار می‌کند؟

۱۵ کدام گازها سبب تقویت اثرگلخانه‌ای شده‌اند؟

۱۶ چرا بیش‌تر مدل‌های اقلیمی پیش‌بینی کرده‌اند که میانگین دمای سطح زمین تا سال ۱۴۸۰ خورشیدی ۳/۰ درجه‌ی سلسیوس افزایش خواهد یافت؟

۱۷ چه فرایندهایی سپیدایی زمین را به سی درصد می‌رسانند؟

۱۸ هوای نزدیک سطح زمین چگونه از زیر گرم می‌شود؟

۱۹ اگر جسم سیاه جسمی خیالی است چرا زمین و خورشید را جسم سیاه می‌پنداریم؟