طیف خورشید و لکه های خورشیدی

Alexandre Costa, Beatriz García, Ricardo Moreno
International Astronomical Union, Escola Secundária de Loulé (Portugal), National Technological University (Mendoza, Argentina), Retamar School (Madrid, Spain)

خلاصه

این ورکشاپ شامل چند فعالیت تئوری و عملی با موضوع طیف نور خورشید است، که میتواند در دبیرستان ها مورد استفاده قرار گیرد. این فعالیت برای اجرا در مقاطع متوسطه و ابتدایی نیز مناسب است.

ستاره خورشید منبع اصلی بخش بسیار زیادی از طول موج هایی است که به سمت ما تابش میشوند. با این حال اتمسفر کره زمین مانند یک پوشش محافظتی بخش زیادی از طول موج های غیرقابل دیدن (مانند پرتوهای **UV**) را به خودش جذب میکند. بنابراین در این ورکشاپ ما فقط بخش مرئی این طیف را بررسی خواهیم کرد، که البته این بخشی از طیف موجود در زندگی روزمره دانش آموزان است. جهت بررسی و فعالیت درمورد امواج غیرقابل مشاهده، به ورکشاپ های مربوط به آن ها مراجعه کنید.

در ابتدا زمینه تئوری هر موضوع را مطرح و در ادامه آن آزمایش های هر مفهوم ارائه شده است. این فعالیت ها ازمایش های ساده ای هستند که معلمان میتوانند در کلاس آن ها را اجرا و به کمک آن مفاهیمی مانند قطبش (پولاریزه شدن)، انقراض، پرتوهای سیاه، طیف های نشری و جذبی (مانند نور خورشید) و خطوط فرانهوفر را آموزش دهند.

همچنین راجع به تفاوت های بین مناطق با تابش های منظم خورشید و مناطق دارای لکه های خورشیدی نیز صحبت خواهیم کرد. علاوه بر آن در مورد شواهد موجود بر اثبات و مشاهده چرخش خورشید و نحوه استفاده از آن برای پروژه های مدارس نیز توضیح خواهیم داد.

اهداف

-درک ماهیت طیف خورشید و چگونگی آن.

-شناخت طیف نور خورشید.

-درک ماهیت لکه های خورشیدی.

-درک اهمیت تاریخی لکه های خورشیدی و فعالیت ها و مشاهدات گالیله درباره چرخش خورشید.

-درک برخی ویژگی های نور مانند قطبش، پراکندگی و ... .

چرخش خورشید

انرژی در خورشید در قسمتی با دمای حدود 15 میلیون درجه و فشار بسیار بالا به نام هسته تولید میشود. عمدتا این فشار و دمای هسته هستند که باعث شکل گیری واکنش های هسته ای و درنتیجه تولید انرژی میشوند. در واکنش اصلی که در هسته خورشید رخ میدهد، چهار پروتون (هسته هیدروژن) به ذرات آلفا (هسته هلیوم) تبدیل میشوند و طبق معادله زیر، دو پوزیترون، دو نوترینو و دو فوتون گاما تولید میکنند:

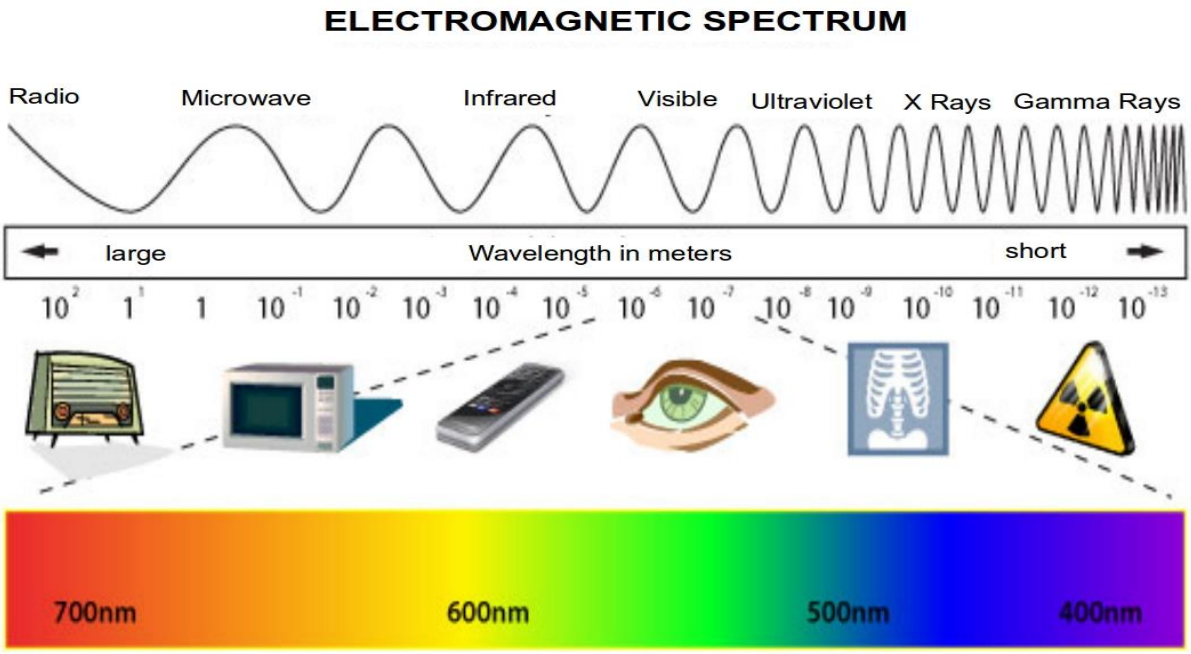
جرم نهایی فراورده واکنش بالا از مجموع جرم واکنش دهنده ها یعنی چهار پروتونی که طی فرایند به هم اضافه شدند کمتر است. جرمی که طی واکنش از بین میرود، طبق معادله زیر که توسط انیشتین کشف شده است، تبدیل به انرژی میشود:

$$E = mc^2$$

در ستاره خورشید در هر ثانیه 600 میلیون تن هیدروژن به هلیوم تبدیل میشود. اما در همین حین حدود 4 تا 5 میلیون تن از آن نیز از بین رفته و به انرژی تبدیل میشود. درحالی که ممکن است این از دست دادن مقدار زیادی از جرم خورشید یک ضرر بزرگ بنظر برسد ولی جرم خورشید به حدیست که میتواند میلیاردها سال مانند این فرایند را انجام بدهد. انرژی تولید شده در هسته برای رسیدن به سطح خورشید سفر طولانی در پیش دارد.

انرژی تولید شده در هسته خورشید مسیر طولانی را طی میکند تا به سطح خورشید برسد.

انرژی پس از تابش از خورشید با سرعت 299,793 کیلومتر بر ثانیه به شکل تابش الکترومغناطیس در فضا منتشر میشود. طیف الکترومغناطیس دارای طول موج یا فرکانس هاییست که عمدتا به صورت تقسیم بندی که در شکل 1 نشان داده شده است، تفکیک میشوند.



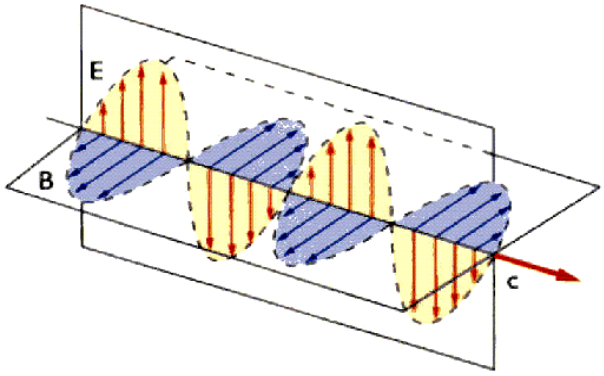
شکل 1: طیف نور خورشید

$c = \lambda \cdot \nu$ در این معادله لاندا طول موج ، C سرعت نور و نو فرکانس است.

گرچه خورشید منبع اصلی بسیاری از طول موج هاست ولی ما بیشتر عملکرد خود را درزمینه طیف پرتوهای خورشید با بخش مرئی آن داریم. به جز امواج رادیویی و خطوط کوچکی از مادون قرمز و فرابنفش، طول موج مرئی آنهایی هستند که جو زمین در مقابل انها شفاف است و انها را از خود عبور میدهد (شکل 3) و ما برای دیدن آنها نیازی به ابزار پیشرفته نداریم. بنابر این برای آزمایش در کلاس بسیار مناسب هستند.

قطبش نور

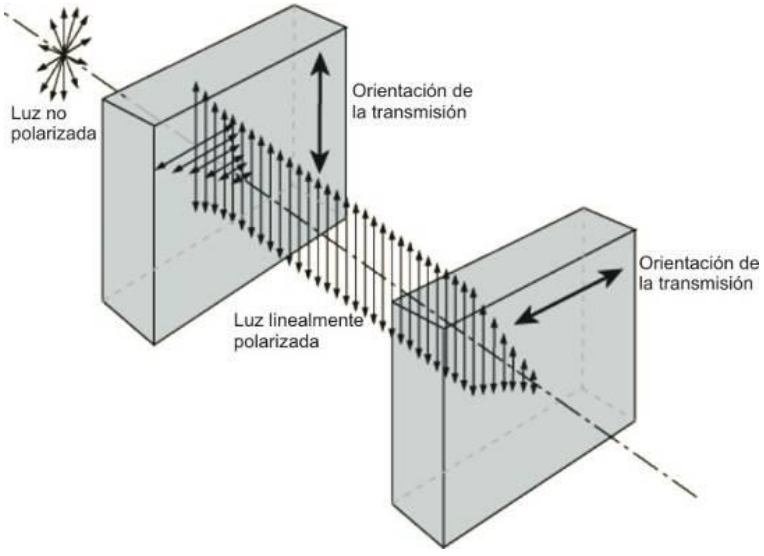
تابش الکترومغناطیس به صورت خطی قطبی شده (خط مستقیمی که دچار قطبش شده است) دارای ویژگی هاییست که در شکل 2 نشان داده شده است.



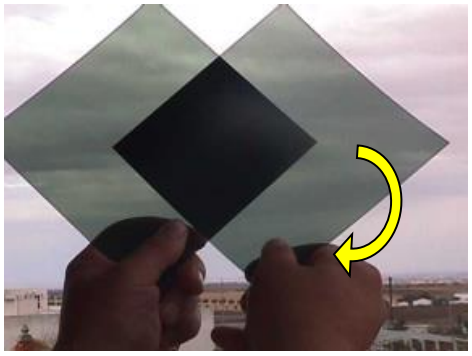
شکل 2 : پرتو قطبی

نور خورشید هیچگونه لرزش و شکستی در مسیر تابش خود ندارد، اما میتواند در صورت انعکاس با زاویه مشخص (زاویه بروستر) یا عبور از فیلترهای خاصی به نام قطبشگر، قطبیده شود.

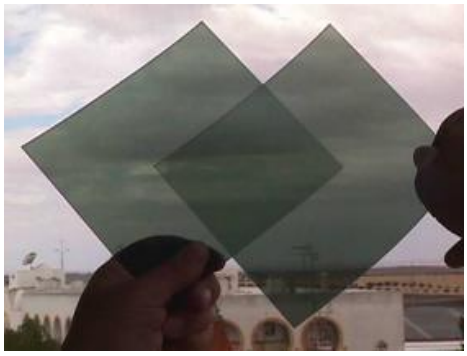
نوری که از یکی از این فیلترها عبور میکند(شکل 3) فقط در یک صفحه ارتعاش پیدا میکند. اگر فیلتر دوم راهم اضافه کنتید دو اتفاق ممکن است رخ دهد;
وقتی دو فیلتر جهت قطبش موازی داشته باشند، نور از هردوی آنها عبور میکند. شکل 4a
اما اگر جهت قطبش عمود بر یکدیگر داشته باشند، نوربا عبور از فیلتر اول و جهتگیری در جهت قطبش آن توسط فیلتر دوم مسدود میشود(شکل 3) و فیلترها مات میشوند. شکل 4b



هنگامی که فیلترها جهت قطبش عمود بر یکدیگر داشته باشند، نوربا عبور از فیلتر اول و جهتگیری در جهت قطبش آن توسط فیلتر دوم مسدود میشود.



هنگامی که فیلترها جهت قطبشی با زاویه 90 درجه با یکدیگر دارند، نور پس ازعبور از فیلتر اول و برخورد با فیلتر دوم مسدود میشود.



هنگامی که فیلترها جهت قطبش موازی دارند نور ار انها عبور میکند.

بسیاری از عینک های افتابی را پولاریزه میسازند، تا برای استفاده در مقابل پرتوهای نور خورشید منعکس شده از سطح برف یا دریا (که معمولا پس از برخورد با سطح دریا یا برف قطبش میشوند) مناسب بوده و ان پرتو های قطبیده شده را فیلترکنند. شکل5 فیلترهای قطبی در عکاسی نیز استفاده میشوند و نورهای بازتاب شده را از بین میبرند و باعث میشوند اسمان تاریک تر بنظر برسد.

.نور بازتاب شده با فیلتر پولاریزه و بدون ان

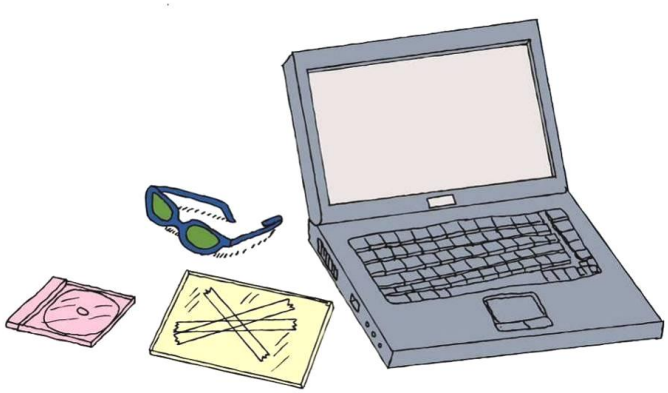
اکثر سیستم های سینماهای 3D فیلم هایشان را با دو دوربین ضبط میکنند. به صورتی که یکی از آن تصاویر را با فاصله نزدیک تر و دیگری با فاصله دورتری نسبت به دوربین ضبط میکنند (مثلا تصویر طبیعت پس زمینه و درختان را با دوربینی به صورت دورتر و تصویر داییناسوری که به سمت شما غرش میکند را با دوربین دیگر به صورت نزدیکتر ضبط میکنند). سپس در سینماها به کمک دو پروژکتور با نور های قطبی شده تصاویری که دو دوربین ضبط کرده اند را همزمان پخش میکنند. ولی نکته اصلی سینماهای سه بعدی درون عینک های انهاست. عینک هایی که بینندگان دراین سینما ها روی چشمانشان میگذارند از دو فیلتر قطبی با جهت قطبش عمود بر هم روی دو چشم تشکیل شده است.هر فیلتر روی هر چشم فقط میتواند یکی از نور های قطبیده را عبور دهد و یعنی هر چشم فقط میتواند نور یکی از پروژکتور ها و در نتیجه یک تصویر را ببیند.(مثلا در مثالی که قبل تر اوردم یک چشم فقط تصویر درختان و طبیعت را دور تر و چشم دیگر تصویر داییناسور را در حال غرش و خیلی نزدیک به شما میبیند و این دو تصویر در مغز شما روی یکدیگر قرار میگیرند) و این فرایند باعث میشوند شما تصاویر را سه بعدی ببینید.

فعالیت 1: قطبی شدن نور

برای ساخت یک فیلتر قطبی، قسمت پل روی بینی یعنی قسمت بین دو چشم و دسته های یک عینک سینمای سه بعدی را ببرید. توجه کنید که برای اینکار باید از عینک های سه بعدی تک رنگ استفاده کنید(همان عینک های خاکستری یا مشکی) و نمیتوان برای ساخت این وسیله از عینک های سبز و قرمز (یک چشم قرمز و چشم دیگر سبز یا آبی) استفاده کرد (زیرا فرایند کارکرد انها اساسا متفاوت است). هنگامی که دو فیلتر روی چشم ها را از عینک جداکردید به راحتی میتوانید فعالیت تصاویر 4a و 4b را انجام بدهید.

بسیاری از عینک های آفتابی دارای فیلترهای قطبی شده در مقابل نور قطبی ساطع شده توسط نمایشگر LCD کامپیوتر ها و تلویزیون ها (البته به جز نوع پلاسمایی) هستند. برای امتحان کردن این موضوع که ایا عینکی که دارید پولاریزه است یا نه میتوانید با استفاده از ان به صفحه نمایشگر لپتاپ نگاه کنید و سپس شروع به چرخاندن عینک کنید. اگر با قرار گرفتن عینک در زاویه خاصی تصویر مانیتور از پشت عینک کاملا سیاه و غیرقابل دیدن شد عینک شما یک عینک قطبی شده یا پولورایز است.

پلاستیک ها و شیشه هایی وجود دارد که با توجه به ضخامت و ترکیبات آنها بر نور قطبی که ازشان عبور میکنند تاثیر میگذارند. اگر با عینک های افتابی قطبی شده به انها نگاه کنید نور های رنگی متفاوتی میبینید. (مثل بعضی از ورقه های مخصوص دودی کردن شیشه های خودرو یا ساختمان ها).



نور ساتع شده از صفحه TFT یک کامپیوتر، قطبی است. و نوار زاویه قطبش را میچرخاند.رنگها با استفاده از عینک پولاریزه متفاوت دیده میشوند.

چند نوار تیپ ریکوردر را روی یک صفحه شیشه ای یک قاب عکس یا جلو پلاستیکی یک سی دی خالی بچسبانید به طوری که درقسمتی یک لایه، در قسمتی دو لایه روی هم و در قسمای سه لایه از نوار روی هم باشند.سپس یک فایل خالی را در کامپیوتر خود باز کنید(هدف داشتن یک مانیتور با نور سفید است) سپس شیشه را جلوی مانیتور قرار داده و با عینک افتابی به ان نگاه کنید. در صورت استفاده از پلاستیک حتی با خم کردن پلاستیک میتوانید از پشت عینک تغییرات رنگ بیشتری مشاهده کنید.

ساختار خورشید در یک نگاه

به صورت کلی ساختار خورشید را میتوان به پنج قسمت تقسیم کرد:

1) هسته و منطقه تابشی مناطقی هستند که فرایند همجوشی حرارتی هسته ای در انجا رخ میدهند. حرارت در داخل هسته به حدود 15 میلیون درجه و با کمی دور شدن از هسته و قرار گرفتن در منطقه تابشی دما اندکی کمتر شده و به حدود 8 میلیون درجه کلوین میرسد.
انرژی از طریق تابش از نواحی نزدیک هسته منتقل شده و از هسته دور میشود. منطقه هسته و تابشی را به طور کلی میتوان دو منطقه جدا از هم درنظر گرفت ولی بسیار دشوار است که بگوییم یکی از انها در کجا تمام شده و دیگری شروع میشود زیرا در قسمت مرزی عملکرد انها با یکدیگر ترکیب شده است و در بخش مرزی میانیشان همپوشانی وسیعی دارند.

2) منطقه همرفت محلی است که انرژی در ان از طریق فرایند همرفت منتقل میشود. در این منطقه دما زیر 500 هزار درجه کلوین است. حدود 0.3 از شعاع خورشید و دقیقا تا زیر فوتوسفر قرار دارد.

3) فوتوسفر که میتوانیم ان را به نوعی سطح خورشید بدانیم، همان منبع و محل جذب و انتشار طیف است.
درجه حرارت در این منطقه بین 4200 تا 6400 درجه کلوین است. این قسمت یعنی سطح خورشید با قطعه هایی مانند توده هایی دانه مانند با قطر حدود 1000 کیلومتر پوشیده شده است که البته فقط چند ساعت دوام دارند. علاوه بر ان معمولا نواحی دیگری با دمای کمتر (در حدود فقط 4200 درجه کلوین) نیز وجود دارند که مانند نقاط تاریکی بر روی سطح خورشید بنظر میرسند.

4) کروموسفر که خارج از فوتوسفر قرار دارد، دمایی بین 4200 تا 1 میلیون درجه کلوین دارد. این لایه که مانند رشته های شعله ور عمودی بنظر میرسد بسیار شبیه یک دهکده یا دشت سوزان در اتش با برجستگی ها و شعله های اتش فراوان بنظر میرسد.

5) تاج خورشید که منشا بادهای خورشیدی نیز هست دمایی بین 1 تا 2 میلیون درجه کلوین دارد.

فعالیت 2: مدل ساده از لایه های خورشید

این فعالیت را میتوان با کودکان خردسال انجام داد. هدف این است که شکل های متفاوت زیر را مشخص کنید.
(شکل های 7 و 8)
انها را میتوان از تکه های کاغذ رنگی برش داد یا با رنگ های زیر روی مقوا رنگ امیزی کرد:
تاج به رنگ سفید، کروموسفر به رنگ قرمز، فوتوسفر به رنگ زرد، منطقه همرفت به رنگ نارنجی، منطقه تابشی به رنگ ابی و هسته به رنگ قرمز خیلی تیره.

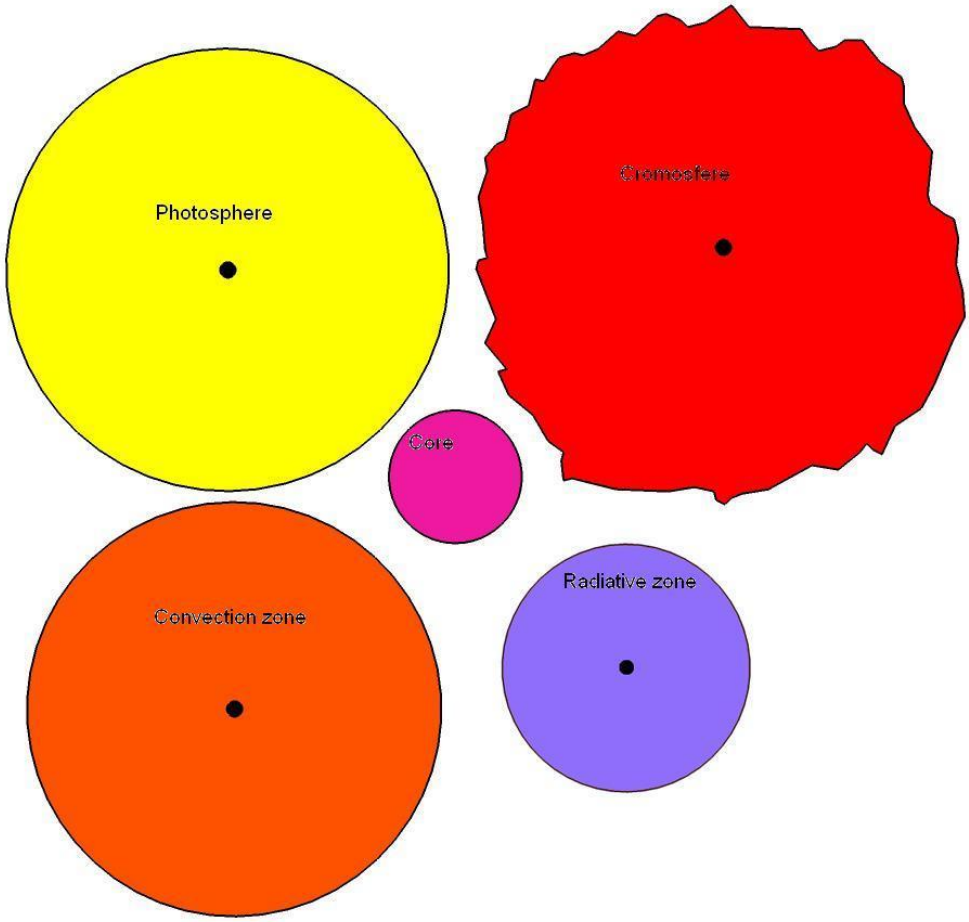


Fig. 7: Sun's parts to cut out.

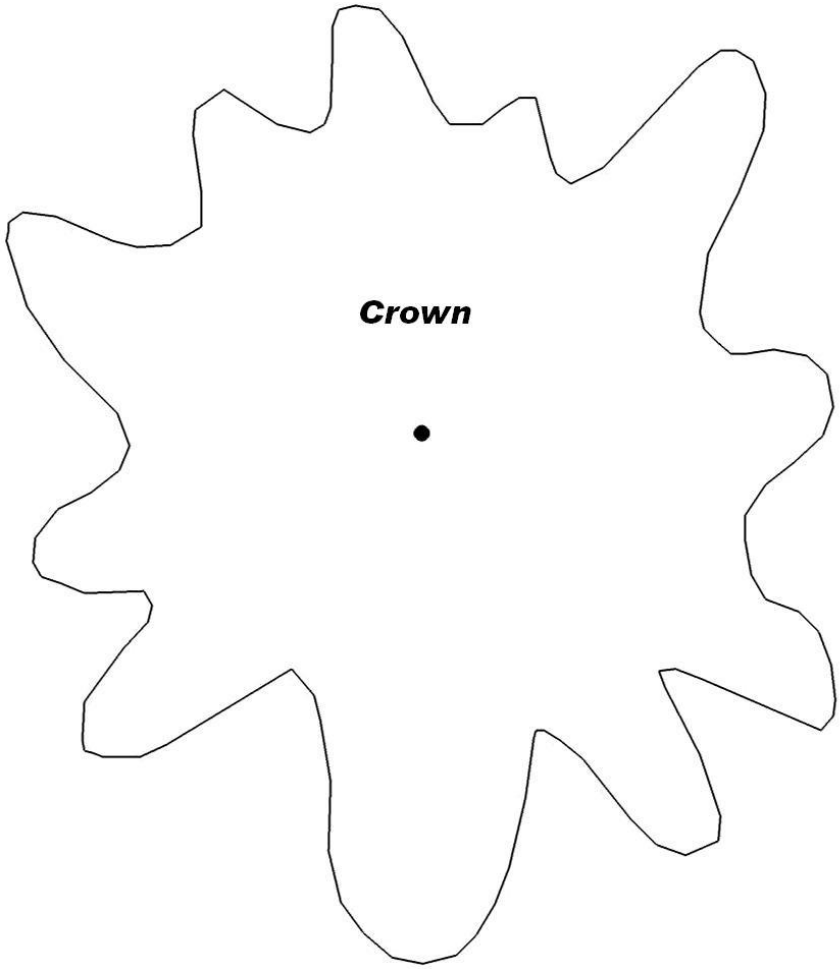


Fig. 8: Corona to cut out.

و در اخر میتوانید انها را به ترتیب روی هم بچسبانید. (ترتیب قطعات از روی اندازه انها نیز قابل تشخیص است).

لکه های خورشیدی

معمولا نقاطی تاریک روی سطح خورشید (یعنی در قسمت فوتوسفر) مشاهده میشوند که لکه ی خورشیدی نام دارند.
یک لکه خورشیدی معمولا از یک قسمت مرکزی به نام امبرا یا سایه و اطراف ان توسط رشته های تاریک و روشنی به نام پنامبرا یا نیم سایه (که بخش مرکزی را احاطه کرده اند) تشکیل شده است.

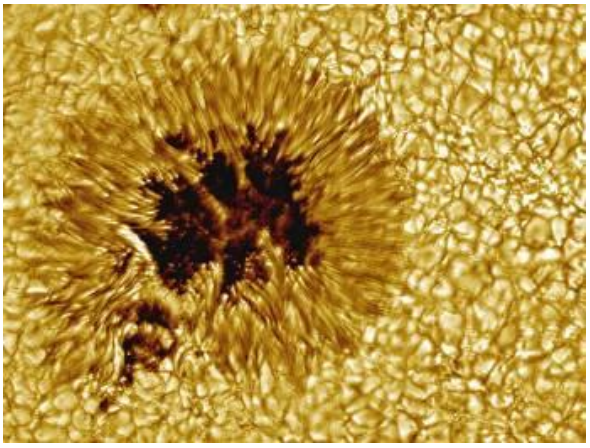


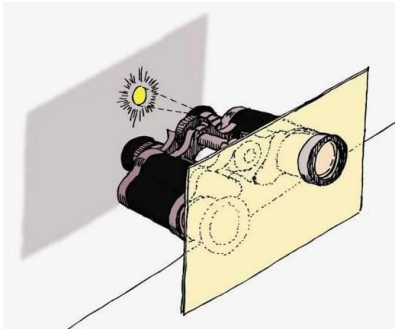
Fig. 9: Close-up of a sunspot. (Photo: Vacuum Tower Telescope, NSO, NOAO)
تصویر کلوز اپ از سطح خورشید

لکه های خورشیدی با تلسکوپ کاملا سیاه به نظر میرسند، اما این سیاه دیده شدن لکه ها فقط به خاطر نوعی اثر رنگهای متضاد و تفاوت شدت تابش لکه های خورشیدی در مقایسه با مناطق دیگر سطح خورشید است. اگر بتوان یک لکه خورشیدی را به تنهایی و بدون دیدن سایر سطح خورشید مشاهده کرد میتوان دید که در واقع از ماه کامل نیز روشن تر است. این تفاوت شدت لکه ها به این دلیل است که دمای انها بین 500 تا 2000 درجه سانتیگراد از سایر مناطق اطرافشان پایین تر است.
لکه های خورشیدی نتیجه برهمکنش میدان های مغناطیسی عمودی بسیار قوی خورشید با فوتوسفر هستند.

لکه های خورشیدی از اهمیت تاریخی بالایی نیز برخوردار هستند زیرا گالیله به وسیله انها توانست دوره چرخش خورشید را محاسبه کرده و کشف و تایید کند که حرکت ان در عرض های جغرافیایی مختلف خورشید، متفاوت است، یعنی چرخش سریع تر در استوا (دوره چرخش 25.05 روز) و نسبت به قطب ها (با دوره چرخش 34.3 روز).

فعالیت 3: تعیین دوره چرخش خورشید

یک ازمایش ساده که میتوانید در کلاس انجام بدهید، اندازه گیری دوره چرخش خورشید با استفاده از لکه های خورشیدی است. در این ازمایش برای اندازه گیری زمان چرخش خورشید باید طی روز های متوالی حرکت لکه های خورشید را ردیابی و دنبال کنید. توجه داشته باشید که رصد کردن خورشید فقط باید به روش رصد طرح خورشید با استفاده از تلسکوپ و دوربین دو چشمی (مانند شکل 10 a و 10 b) انجام بشود. هرگز نباید به صورت مستقیم یا حتی بدتر از ان با دوربین دوچشمی و یا تلسکوپ به خورشید نگاه کرد.



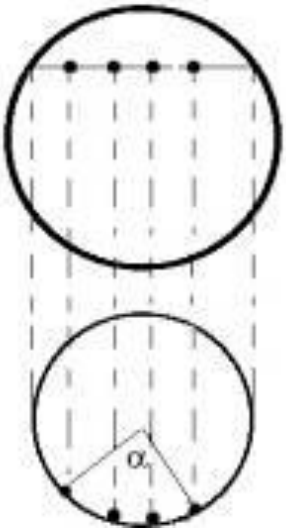
به یاد داشته باشید که هرگز نباید به طور مستقیم با دوربین دوچشمی، تلسکوپ یا حتی چشمانتان به خورشید نگاه کنید زیرا این کار میتواند صدمات جبران ناپذیری به چشم هایتان وارد کند.
اگر چندین روز لکه های خورشید را رصد کنید، مانند حرکت یک نقطه مانند شکل 11 خواهد بود.

تغییر مکان لکه ی خورشیدی در روز های متوالی

مشاهداتتان را طبق شکل 12 انجام داده و زاویه را بدست اورید.اعداد بدست امده را در فرمول زیر قرار داده و نتیجه نهایی را محاسبه کنید:

$$\frac{T}{t} = \frac{360^o}{\alpha}$$

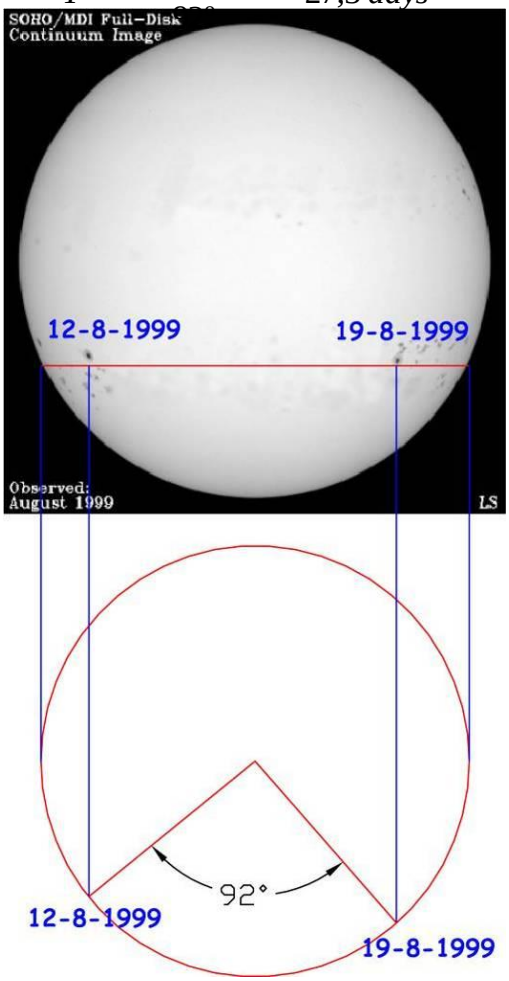
در جایی که t فاصله زمانی بین دو رصد از همان لکه خورشیدی را نشان میدهد و الفا زاویه مرکزی بین جابه جایی نقطه موردنظر (که زاویه مرکزی جابه جایی یک لکه خورشیدی طی رصدهای متوالیست(شکل12)) و P دوره چرخش خورشید است که میخواهیم ان را محاسبه کنیم.



محاسبه زاویه چرخش لکه های خورشیدی

در اینجا یک مثال واقعی وجود دارد: شکل 13 ترکیبی از دو عکس است که در تاریخ 12 اوت 1999 و نوزدهم همان ماه و سال از خورشید گرفته شده است. دایره ای برای خورشید ترسیم میکنیم (در این دایره ما خورشید را از بالا تصور میکنیم) ، مانند تصویر 12 لکه های خورشیدی روی تصویر خورشیدی را با خط هایی تا روی دایره ادامه میدهیم. (توجه داشته باشید که دایره ای که رسم کردیم کاملا هم اندازه تصویر خورشید و در امتداد ان باشد). سپس جای لکه ها روی سطح دایره (ای که خورشید از بالا فرض کردیم) مانند شکل 12 مشخص میکنیم. از مرکز دایره دو خط به دو لکه ای که روی سطح دایره میکشیم تا زاویه الفا به وجود بیاید. بعد زاویه بدست امده را اندازه میگیریم و به عدد 92 درجه میرسیم که طبق فرمول خواهیم داشت که دوره چرخش خورشید (در عرض جغرافیایی که لکه در ان قرار داشت) بدین صورت است :

$$T = \frac{360^{o} \cdot 7\ days}{92^{o}} = 27{,}3\ days$$



محاسبه چرخش خورشید.

تابشی که از خورشید میاید

ستاره خورشید مانند یک راکتور هسته ای بسیار بزرگ است که در ان مقدار عظیمی از انرژی به طور مداوم در قالب فوتون ها تولید و به سطح آن منتقل میشود. فوتون ها ذراتی (واحد های حامل بسته های انرژی) هستند که مسئولیت انتقال و تابش الکترومغناطیس را دارند. انرژی فوتون هارا میتوان با فرمول زیر بدست اورد:

$$E = h \cdot \nu$$

در این معادله E انرژی فوتون ها، h ثابت پلانک ($h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s$) و ν فرکانس پرتو الکترومغناطیس مربوط به فوتون است. فوتون های تولید شده در خورشید این طیف الکترومغناطیس را تشکیل داده اند.

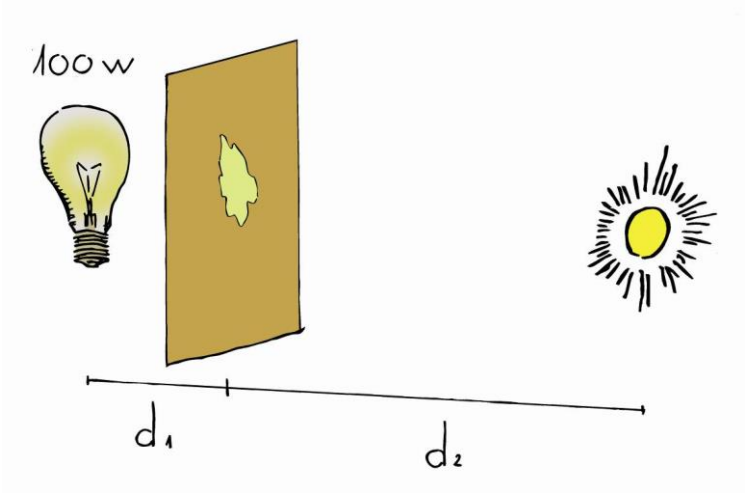
شدت درخشندگی خورشید یا لومینوسینی ان (به زبان راحت تر، قدرت خورشید) بسیار زیاد است:
به صورتی که در هر ثانیه انرژی بیشتری از تریلیون ها بمب اتم تولید میکند. ما میتوانیم انتقال این انرزی را به صورت حبابی بزرگ تصور کنیم که (مرکز ان خورشید است) و همینطور بزرگ و بزرگ تر میشود. مساحت این حباب $4\pi r^2$ است. اگر قدرت خورشید P باشد، انرژی خارج شده از خورشید در همه جهات به صورت حباب وقتی به شعاع Rمیرسد را میتوان اینگونه محاسبه کرد:

$$E=\frac{P}{4\pi R^2}$$

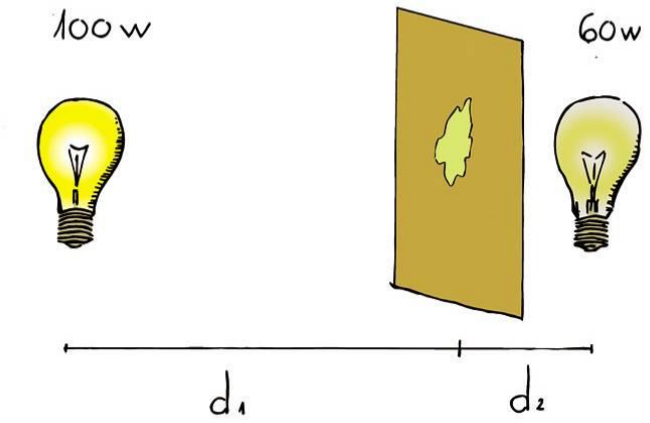
به عبارت دیگر ، انرژی با رابطه معکوس از فاصله منتقل میشود و اگر فاصله جسمی مانند ستاره را بدانیم میتوانیم قدرت ان را محاسبه کنیم.

فعالیت 4: تعیین درخشندگی خورشید

درخشندگی یا قدرت خورشید انرژی است که در یک ثانیه از سطح ان ساطع میشود. خورشید منبع نور بسیار قدرتمندیست. بیایید تا قدرت ان را در مقایسه با یک لامپ 100 وات محاسبه کنیم.



مقایسه شدت روشنایی بین لامپ 100 و خورشید



.

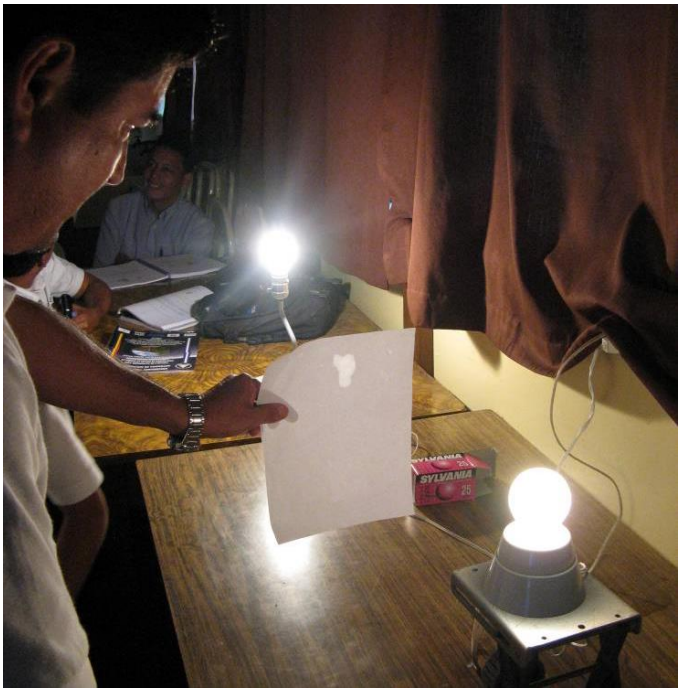
اگر شدت روشنایی در دوطرف کاغذ برابر شود، لکه روغن دیگر دیده نمیشود

ما میتوانیم یک فوتومتر بسازیم. این ازمایش به ما این امکان را میدهد که روشنایی دو منبع نور را باهم مقایسه کنیم. برای این کار چند قطرا روغن را وسط یک کاغذ مخصوص بسته بندی بریزید. (البته با کاغذ سفید معمولی نیز جواب میدهد. لکه ای که چند قطره روغن روی کاغذ ایجاد میکنند کاغذ را کمی شفاف میکند. حالا این کاغذ نورسنج ما خواهدبود. با قرار دادن ان بین دو منبع نور (مانند شکل 14 و 15) و حرکت دادن کاغذ در فاصله بین ان دو میتوان فاصله ای بین دو منبع نور پیداکرد که کاغذ در ان

کاملا مات و معمولی دیده میشود و درخشندگی ایه کدام از منابع نور از پشت قسمت روغنی مشخص نیست و ما دیگر نمیتوانیم لکه روغن را ببینیم. به این ترتیب سیستم ما تراز شده و انرژی بر مبنای فاصله در هر دو سمت کاغذ برابر است.

که میتوان برای این مورد ان را اینطور نشان داد:

$$\frac{100}{4\cdot\pi\cdot d_1^{\,2}} = \frac{60}{4\cdot\pi\cdot d_2^{\,2}}$$



فوتومتر روغنی بین دو لامپ کم نور

در یک روز افتابی، نورسنج را با یک لامپ حداقل 100 وات، خارج از خانه بگیرید. فوتومتر یا همان کاغذ روغنی را بین خورشید و لامپ قرار بدهید به طوری که انرژی در هردو طرف فوتومتر باهم برابر شود. سپس فاصله فوتومتر تا رشته ی لامپ را بوسیله متر اندازه گیری کرده و ان را d1 بنامید.

میدانیم که فاصله حدودی خورشید از زمین تقریبا برابر 150 میلیون کیلومتر است. این فاصله را d_2 بنامید.

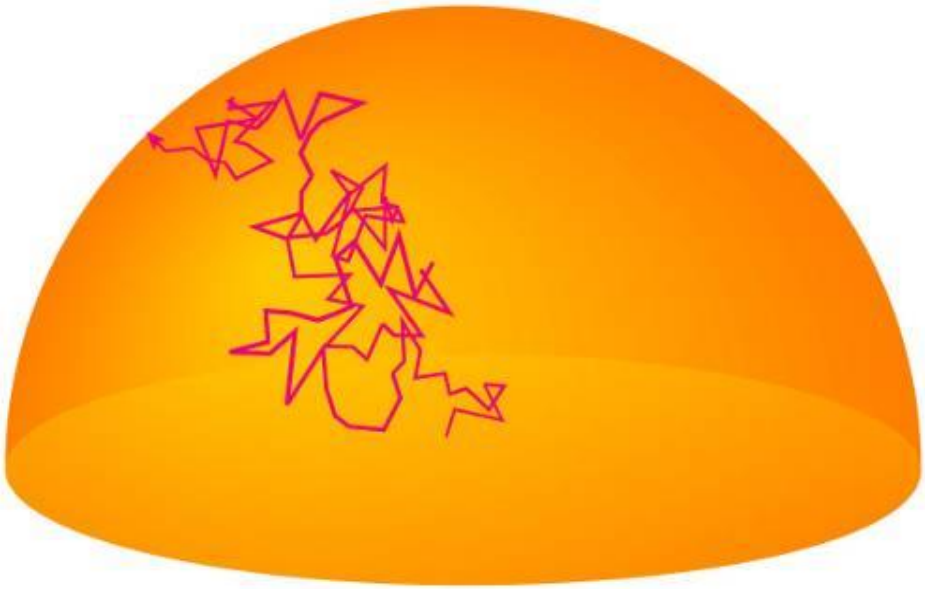
حالا میتوان قدرت خورشید را طبق قانون مربع معکوس محاسبه کرد. (4π در هردوطرف معادله بود و در ساده کردن معادله خط خورد.)

$$\frac{100\,W}{d_1^{\,2}} = \frac{Psun}{d_2^{\,2}}$$

نتیجه باید به درخشندگی واقعی خورشید یعنی $3.83\cdot10^{26}$ W نزدیک باشد.

کدری (ماتی)

انرژی حاصل از یک فوتون پر انرژی که در هسته خورشید تولید میشود 1 میلیون سال طول میکشد تا به فوتوسفر برسد. زیرا این انرژی در قسمت های مرکزی خورشید تولید شده و برای رسیدن به سطح باید مسیر طولانی را که تراکم بسیار زیادی از مواد و فوتون ها در ان وجود دارد را طی کند و به همین دلیل حرکت در این مسیر بسیار مشکل شده و دائما با انها برخورد میکند. این برهم کنش میان مواد و فوتون ها در هسته بسیار زیاد است و با فاصله گرفتن از هسته و نزدیک شدن به فوتوسفر رفته رفته کاهش میابند. فوتون ها برای رسیدن به سطح خورشید مسیری زیگ زاگ رای طی میکنند و این فرایند به هزاران سال نیز میرسد.



1 میلیون سال طول میکشد تا فوتون ها به فوتوسفر برسند

هنگامی که انرژی به فوتوسفر و در نتیجه جو خورشید میرسد، تقریبت بدون هیچ برهم کنشی و با بیشترین طول موجی که تاکنون داشته است به بیرون ساطع میشود و طیف خورشید را ایجاد میکند. به این دلیل است که هسته و مناطق داخلی خورشید اصطلاحا مات هستند و جو خورشید قابل دیدن و شفاف است. در علم نجوم مفاهیم مات و شفاف تا حدودی با استفاده ان در زندگی روزمره متفاوت است.

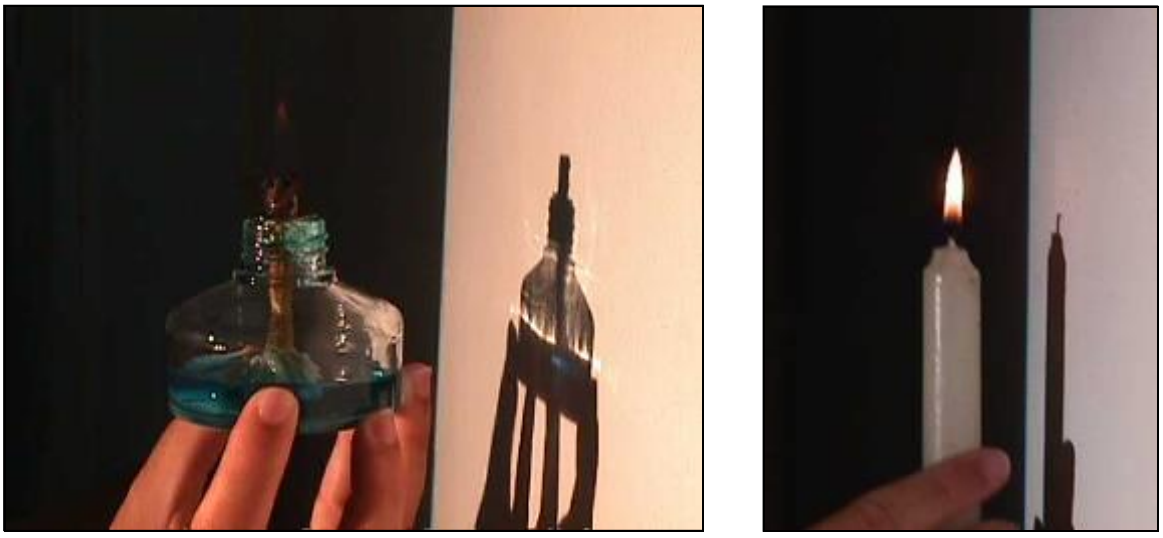
یک گار بسته به نحوه جذب یا نشر و پراکندگی فوتون های عبور یافته از ان، شفاف یا مات است. برای مثال جو ما نسبت به طول موج های قابل مشاهده شفاف است ولی در یک روز مه الود ما نمیتوانیم چیز های زیادی ببینیم پس مات است.
لازم به ذکر است که شفاف به معنی نامرئی نیست. شعله مشعل یا شمع در برابر طول موج های یک پروژکتور شفاف است.(شکل 18)

فعالیت 5: شفافیت و کدری

شما میتوانید با استفاده از مشعل یا شعله شمع این مفاهیم را بهتر نشان دهید.(مشعل بهتر از شمع است زیرا شمع گاهی بدلیل احتراق ناقص باعث ایجاد دود سیاه ماتی میشود).

این ازمایش بسیار ساده است. اشیا مختلف را در مقابل نور پروژکتور قرار دهید. در مورد اکثر اجسام معمولا میتوان درست پیش بینی کرد که جسم شفاف است یا نه.

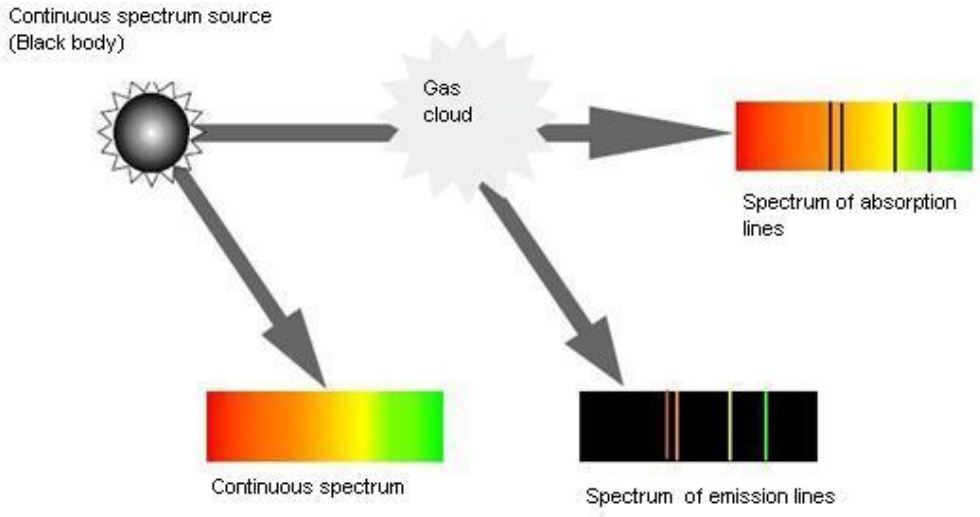
شعله شمع، چراغ بنزن یا فندک نیز شفاف است. برای دانش اموزان دیدن این شعله ها که در پشت پروژکتور سایه ای ایجاد نمیکنند بسیار هیجان انگیزاست (شکل 11). شما میتوانید با این ازمایش توضیح بدهید که چگونه فوتوسفر خورشید تقریبا در برابر هر تابشی شفاف است.



چراغ الکلی یا شعله شمع سایه ای روی دیوار ایجاد نمیکنند.توجه کنید که شیشه نیز به طور کامل شفاف نیست.

طیف ها

در سال 1701 نیوتون برای اولین بار برای تجزیه نور خورشید به رنگ های تشکیل دهنده ی ان، نور خورشید را از منشور عبور داد. هر نوری را میتوان با بوسیله یک منشور تجزیه کرد، نتیجه ای که دریافت میکنید طیف بدست امده از ان نور است. طیف هارا میتوان با سه قانونی که گوستاو کرشهوف و رابرت بونزن در قرن نوزدهم کشف کرد، توضیح داد. این قوانین را میتوان در شکل 19 مشاهده کنید.



.

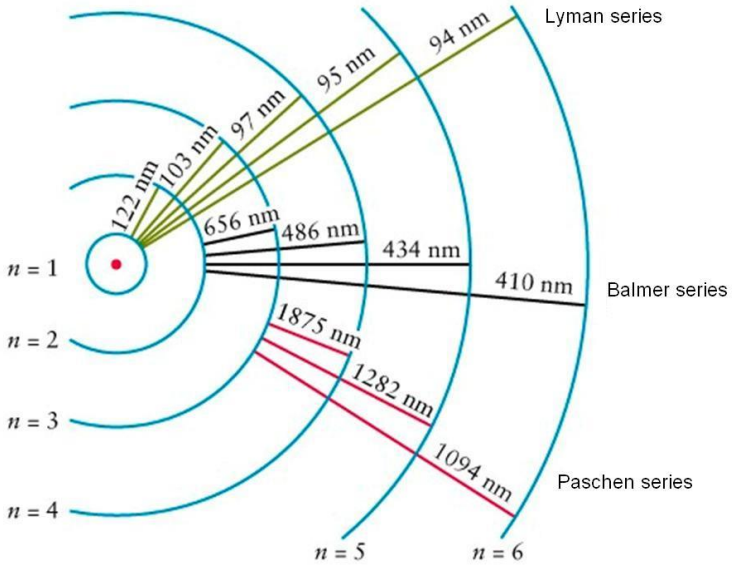
1- یک ماده جامد (رشته ای)، نور را در یک طیف پیوسته نشر میکند.

2- یک گاز متراکم داغ، نوری با خطوط طیفی گسسته (بسته به ترکیب شیمیایی گاز) نشر میکند.

3- یک ماده جامد رشته ای که توسط یک گاز کم فشار احاطه شده است، طیف پیوسته ای را نشر میدهد که در ان خطوط سیاهی وجود دارد. این خطوط تیره نشان ترکیبات گازی است که اطراف ماده جامد وجود دارد.(طیف جذبی)

خطوط روشنی که در طیف نشر شده از یک گاز داغ تشکیل میشوند،حاصل فرایند انتقال الکترون از یک سطح انرژی به سطح انرژی دیگر است که در صورت برهمکنش ماده با فوتون ایجاد میشود.
همان طور که بعدها توسط نیلز بور کشف شد، سطوح انرژی در اتم ها کاملا کوانتومی بوده و فرکانس های ساطع شده ناسی از انتقال الکترون بین دو تراز مشخص،همیشه یکسان است. شکل20

یک گاز میتواند همان خطوط انرژی که در زمان گرم شدن از خود نشر میکند را، در زمانی که سرد است به خود جذب کند. اگر گاز سردی را بین یک لامپ و طیف سنج قرار دهیم، گاز سرد همان خطوطی را از طیف پیوسته ی منبع نور جذب میکند که در هنگام گرم بودن از خود نشر میکرده است.



این اتفاقی است که در جو خورشید رخ میدهد. عناصر شیمیایی موجود در گاز جو خورشید، طول موج هایی از طیف که مربوط به خودشان است را جذب میکنند. این واقعیت در سال 1814 توسط جوزف فرانهوفر کشف و تایید شد و به همین دلیل خطوط طیفی خورشید به افتخار کاشف انها، خطوط فرانهوفر نام گرفتند.
در جدول زیرحروف مربوط به خطوط طیف خورشید طبق تقسیم بندی فرانهوفر در سال 1817 امده است.

Letter	Wavelength (nm)	Chemical Origin	Color range
A	7593,7	O_2 atmospheric	dark red
B	6867,2	O_2 atmospherico	red
C	6562,8	Hidrogen alpha	red
D1	5895,9	Neutral Sodiumo	oranged-red
D2	5890,0	Neutral Sodium	yellow
E	5269,6	Neutra Iron	green
F	4861,3	H beta	cyian
G	4314,2	CH molecular	blue
H	3968,5	Ionized Calcium	dark violet
K	3933,7	Ionized Calcium	dark violet

دلیل اهمیت بسیار این موضوع این است که هنگامی که نوری از خورشید یا هر ستاره دیگری دریافت میکنیم میتوانیم بدون انکه به انجا سفر کنیم از ترکیبات سازنده ان با خبر شویم. امروزه طیف ها با ابزار بسیار دقیق تری تجزیه و تحلیل میشوند تا با دقت بیشتری بتوان خطوط موجود در انها را بررسی کرد.

پرتوی سیاه

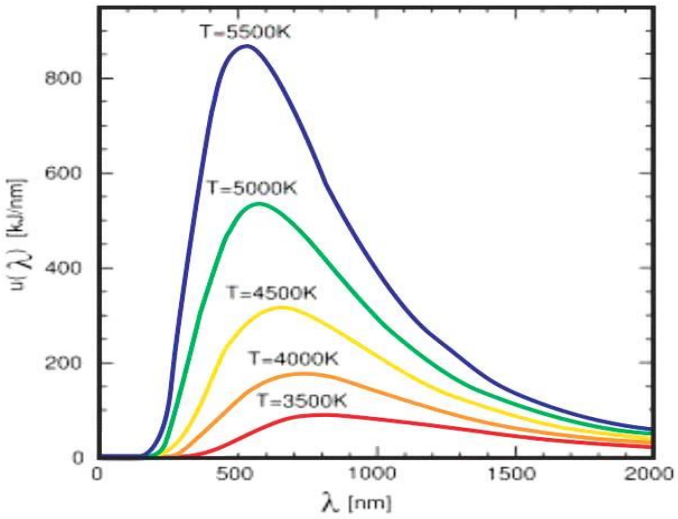
.

هنگامی که یک فلز را به اندازه کافی گرم کنیم مشاهده میکنیم که به رنگ قرمز درمیاید بطوری که در دمای 400 درجه حتی در یک مکان تاریک این فلز قابل دیدن میشود. با افزایش دما رنگ فلز ابتدا به رنگ نارنجی و سپس زرد تغییر رنگ میدهد و حای بعد از گذراندن مرحله انتشار نور سفید در 10 هزار درجه سانتیگراد، به رنگ ابی تغییر رنگ میدهد.

هنگامی که یک جسم سیاه(یک جسم ایده ال که همه نور ها با هر بسامدی که به سمتش میاید جذب میکند و هیچ بازتابی ندارد) گرم بشود، شروع به نشر طیف الکترومغناطیس در بسیاری از طول موج ها میکند. اگر شدت تابش را در هر طول موج اندازه گیری کنیم، میتوان نتیجه ان را توسط یک منحنی به نام منحنی پلانک نمایش داد. در شکل 21 منحنی ها برای چند درجه حرارت مختلف جسم سیاه، نشان داده شده است.

در این معادله λ max ، طبق قانون وین، حداکثر تابش بدن انسان را در دمای متفاوت بیان میکند.

$$\lambda_{máx} = \frac{2{,}898 \cdot 10^{-3}}{T} \ (m)$$



منحنی پلانک برای جسم سیاه در دماهای مختلف.

توجه داشته باشد که در این معادله T دمای بدن انسان است.

طبق این قانون با بررسی اشعه ای که از یک جسم دوردست به ما میرسد میتوانیم دمای ان را بدون رفتن به انجا محاسبه بکنیم.

نمونه های دیگری از اجرام نجومی که میتوان انها را اجرام سیاه مات در نظر گرفت، ستارگان(به جز جو و تاج انها)، سیارات، سیارک ها و تابش زمینه کیهان هستند.

قانون وین یک قانون کلی برای تابش انرژی برای اجسام مات و گرم است. به عنوان مثال طبق قانون وین بدن انسان با حداکثر تابش در طول موج 9.4 μ m در ناحیه مادون قرمز تابش میکند.(دمای استفاده شده در معادله 37 درجه سانتی گراد است.

ارتش برای رصد در شب از دستگاهایی برای رصد این طول موج ها استفاده میکند.

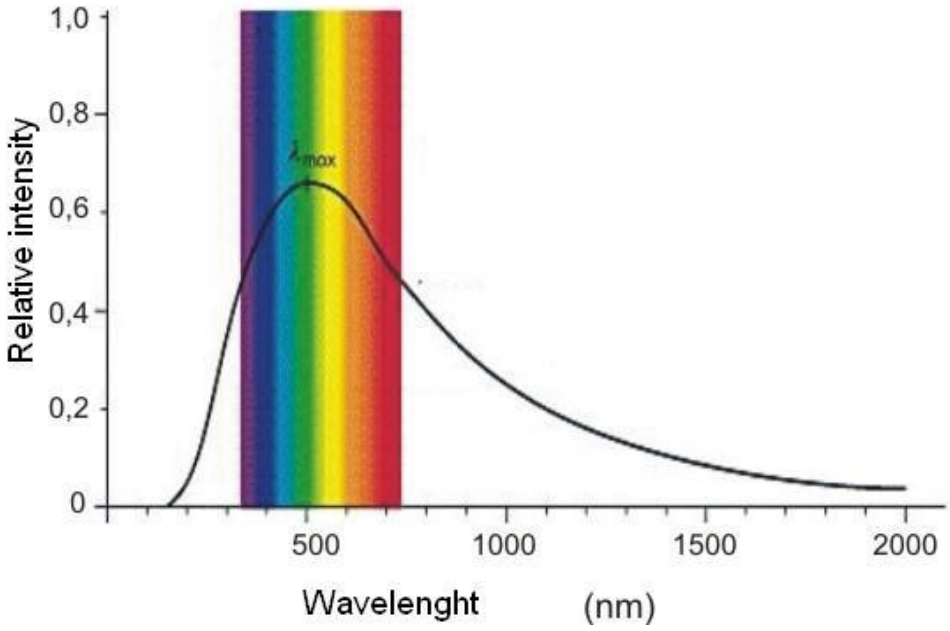


Fig. 22: Emission curve for the “continuous spectrum” of the Sun.

جو ما تابش مادون قرمز و فرابنفش را جذب میکند. جالب است که چشم انسان نیز طوری تکامل یافته است که فقط بخش مرئی نور خورشید را ببیند.

پراکندگی نور خورشید

هنگامی که یک پرتوی نور سفید از یک گازی حاوی ذرات بزرگتر از طول موج نور عبور میکند، نور پخش نمیشود و طول موج ها پراکنده میشوند.
این اتفاق هنگامی میفتد که نور خورشید از میان ابر های حاوی قطرات اب عبور میکند و انها سفید به نظر میرسند.همین اتفاق برای شکر و نمک نیز رخ میدهد.

در جو ما نور ابی بیشتر از نور قرمز پراکنده میشود و فوتون های ان از همه جهت به ما میرسند. همین موضوع باعث میشود که ما اسمان را به جای اینکه به رنگ سیاهی که در فضا دیده میشود ببینیم، اسمان را به رنگ ابی ببینیم. در هنگام غروب نور بیشتری از جو زمین میگذرد و دارای نور ابی کمتری است بنابراین اسمان در ان زمان زرد به نظر میرسد همچنین در هنگام غروب خورشید این اتفاق برای فوتون های قرمز میوفتد.

به همین دلیل است که وقتی که نور از گازی با ضخامت زیاد عبور میکند(مثل سحابی ها) ، قرمز به نظر میرسد زیرا رنگ ابی کاملا در همه جهات پخش میشود و این باعث میشود که بیشتر سحابی را قرمز ببینیم. این همان اثر رایلی است.

رنگ اسمان کاملا به پراکندگی رایلی بستگی دارد

فعالیت 6: انقراض و پراکندگی

این ازمایش با یک ویدیوپروژکتور، یک محلول رقیق شیر، یک تکه مقوای سیاه و یک لیوان بلند انجام میشود.
یک محلول رقیق شیر به صورت یک قطره شیر در 50 میلی لیتر اب بریزید.(غلظت در این ازمایش بسیار مهم است حتما ان را چک کنید)
از مقوای سیاه یک دایره به اندازه کف لیوان برش دهید. شیشه خالی را روی پروژکتور قرار داده و پروژکتور را روشن کنید.(شکل a24)
میبینید که دوری که به دیوار میرسد سفید است.

وقتی که لیوان پر میشود نور به رنگ قرمز میرسد

با کمی اضافه کردن محلول نور زرد میشود

در اغاز نوری که به دیوار میرسد سفید است

حالا لیوان را کم کم از محلول پر کنید. خواهید دید که رنگ دایره نور روی دیوار با اضافه شدن محلول همینطور به رنگ قرمز تیره افزایش رنگ پیدامیکند و طرفین شیشه نور سفید متمایل به ابی را نشان میدهد.

Bibliography

- Broman, L, Estalella, R, Ros, R.M. *Experimentos en Astronomía.*Editorial Alhambra Longman S.A., Madrid, 1993.
- Costa, A, *Sunlight Spectra*, 3rd EAAE Summer School Proceedings, Ed. Rosa Ros, Briey, 1999.
- Costa, A, *Simple Experiments with the Sun*, 6th International Conference on Teaching Astronomy Proceedings, Ed. Rosa Ros, Vilanova i la Geltrú, Barcelona, 1999.
- Dale,A.O., Carrol,B.W, *Modern Stellar Astrophysics*, Addison-Wesley Publ. Comp., E.U.A, 1996.
- Ferreira,M., Almeida,G, *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, Plátano Ed. Téc., Lisboa, 1996.
- Johnson,P.E., Canterna,R, *Laboratory Experiments For Astronomy*, Saunders College Publishing, Nova Iorque, 1987.
- Lang,K.R, *Sun, Earth & Sky*, Springer-Verlag, Heidelberga, 1995.
- Levy,D, *Skywatching-The Ultimate Guide to the Universe*, Harper Collins Publishers, London, 1995.
- Moreno, R. *Experimentos para todas las edades*, Editorial Rialp, Madrid, 2008
- Rybicki,G.B., Lightman, A.P, *Radiative Processes in Astrophysics*,John Wiley & Sons, E.U.A, 1979.
- Sousa, A.S, *Propriedades Físicas do Sol,* Ed. ASTRO, Porto, 2000.
- Zeilik, M., Gregory, S.A., Smith, E.V.P, *Introductory Astronomy and Astrophysics*, 3rd Ed., Saunders College Publishing, Orlando, E.U.A, 1992.

Internet sources

- NASA Polar Wind and Geotail Projects, http://www-istp.gsfc.nasa.gov.
- Space & astronomy experiments, http://www.csiro.au/csiro/channel/pchdr.html
- The Sun, http://www.astromia.com/solar/sol.htm
- Nine planets, http://www.astrored.net/nueveplanetas/solarsystem/sol.html