

# ستاره شناسی غیر مرئی

**Beatriz García, Ricardo Moreno**

International Astronomical Union, National Technological University (Mendoza, Argentina), Retamar School (Madrid, Spain)

## خلاصه

اجرام آسمانی در بخش های مختلف طیف الکترومغناطیس از خود تشعشع ساطع می کنند، اما چشم انسان تنها قادر به مشاهده بخش قسمت کوچکی از آن، بخش مرئی، است. روش هایی برای نشان دادن وجود سایر بخش های طیف الکترومغناطیس که با آزمایش های ساده نمی توان آن ها را دید، وجود دارد. در این بخش، شما با مشاهداتی فراتر از آنچه که می توان با یک تلسکوپ دید، آشنا می شوید که می توانید از آن ها در مدارس ابتدایی و دبیرستان استفاده نمایید.

## اهداف

هدف این فعالیت مشاهده ی پدیده هایی فراتر از آنچه که می توان با یک تلسکوپ آماتوری رصد کرد است، مانند:

- اجرام آسمانی انرژی الکترومغناطیسی ساطع می کنند که چشم ما قادر به شناسایی آن ها نیست. ستاره شناسان به سایر بخش های طیف علاقمند هستند، چرا که امواج مرئی به تنهایی قادر به ایجاد تصویر کاملی از جهان هستی نیست.
- امواج ساطع شده در بخش های رادیویی، فرابنفش، ریزموج و اشعه ی X

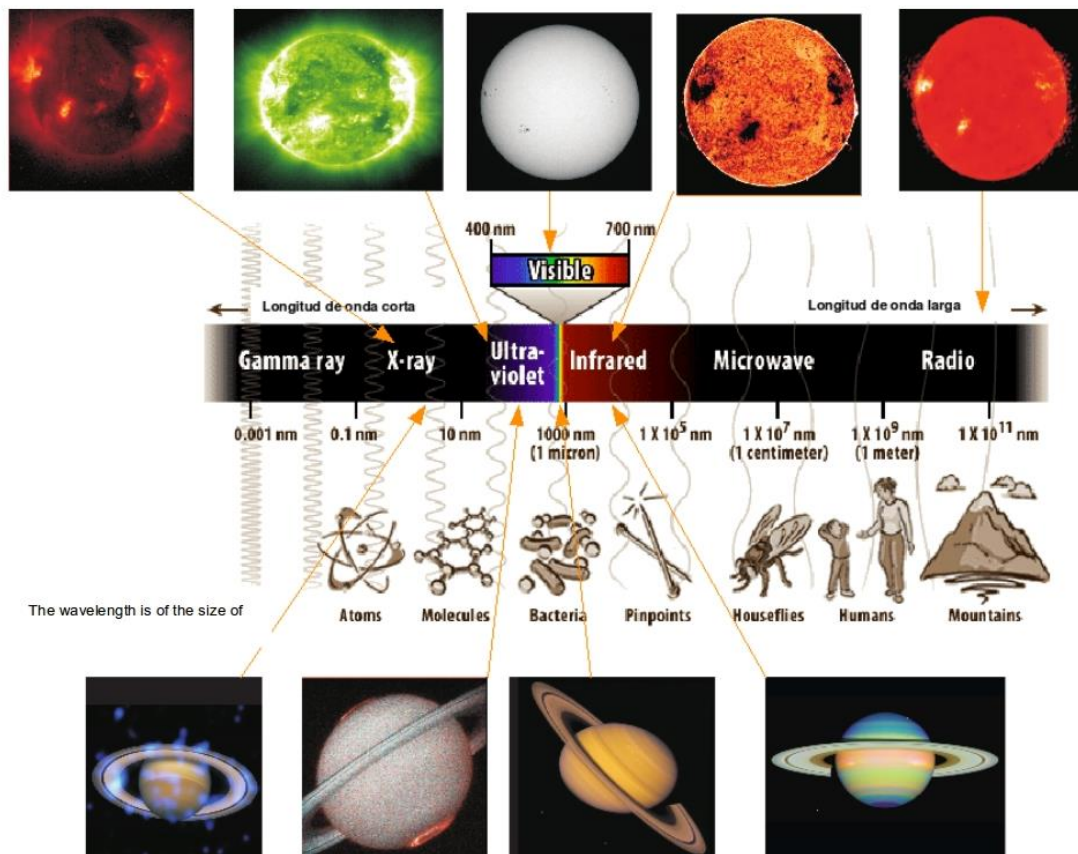
## طیف الکترومغناطیس

امواج الکترومغناطیس شامل مجموعه ی گسترده ای از طول موج ها یا فرکانس ها است که می توان با استفاده از منبع تولید هر کدام، آن ها را دسته بندی نمود. البته این دسته بندی مرز دقیقی ندارد. مجموعه ی این طول موج ها با نام طیف الکترومغناطیس شناخته می شود.

شکل یک، بخش های مختلف طیف را نشان می دهد. این شکل، اندازه ی بین قله های موج (طول موج) و برخی از اجرام هم

اندازه ی آن ها مانند : اتم، مگس، کوه و... را نشان می دهد تا درکی درستی از اندازه ی طول موج ها بدست آید. در همان شکل، عکس هایی از خورشید و سیاره ی زحل را در سایر بخش های غیر مرئی طیف مشاهده می کنیم که چشم ما قادر به تشخیص آن ها نیست. این عکس ها با استفاده از شناساگرهای حساس و خاص در طول موج های یاد شده، گرفته شده است.

در کیهان، موادی مانند ابرهای بین ستاره ای وجود دارند که دمای آن ها از ستارگان بسیار کم تر است. این ابرها، امواج مرئی ساطع نمی کنند و آن ها را با استفاده از طول موج های بلند فرسرخ، ریزموج و امواج رادیویی می توان شناسایی نمود. مشاهده ی جهان هستی در کلیه ی بخش های طیف الکترومغناطیس که ستاره شناسان آن **رصد ترکیب طول موجی** می نامند، تصویری بهتری از ساختار، دما، انرژی و مدل های واقعگرایانه ی تکامل جهان هستی به ما می دهد.



شکل 1: طیف الکترومغناطیس به همراه اجسامی به اندازه ی امواج آن. خورشید (بالا) و زحل (پایین) در طول موج های مختلف (رنگ ها شبیه سازی است)



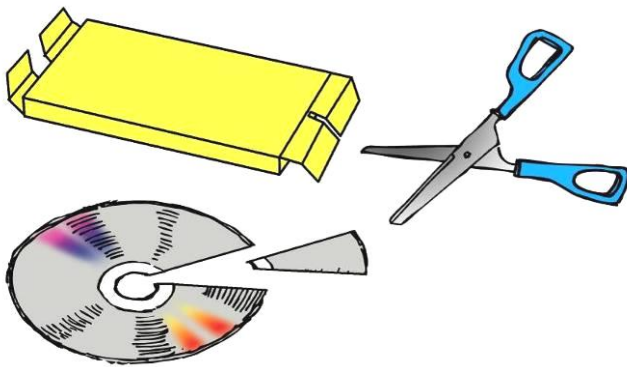
شکل 2: مرکز کهکشان راه شیری، تصویر شده به وسیله ی تلسکوپ فضایی اسپیتزر (فروسرخ)، هابل (مرئی) و چاندرا (امواج-X). در هر تصویر ما جزییات و اجرامی را مشاهده می کنیم که در سایر بخش های طیف قابل دیدن نیست.

## فعالیت 1: ساخت طیف سنج

نور یک لامپ سفید رشته ای از همه ی رنگ ها تشکیل شده است، در حالی که نور لامپ های گازی ( لامپ های فلئورسنت، کم مصرف و چراغ های خیابانی)، تنها از برخی از رنگ ها تشکیل شده است. اگر ما رنگ های یک نور را تجزیه کنیم، یک طیف بدست می آوریم که در مورد هر گاز، شامل مجموعه از خطوط رنگی است. هر نوع گاز، یک طیف مخصوص به خود را دارد که بارکد (نشانگر) مواد تشکیل دهنده ی آن گاز است. اگر با یک طیف سنج به نور یک کهکشان دوردست نگاه کنیم، شاهد جابه جایی خطوط مشخصه ی هیدورزن و سایر گازها دارای به سمت قرمز ( که با نام انتقال به سرخ شناخته می شود) خواهیم بود، هر چه میزان این جابه جایی بیشتر، کهکشان در فاصله ی دورتری است.

به کمک یک قیچی قوی، CD یا DVD (شکل 3) را به چند قطعه بدون برچسب تقسیم کنید اگر از DVD استفاده می کنید، لایه ی بالایی را از قسمت زیرین (ممکن است به قیچی یا پیچ گوشتی نیاز داشته باشید) جدا کنید تا توری پراش شما آماده شود. اگر از CD استفاده می کنید، تنها یک لایه ی پلاستیکی وجود دارد که به دقت باید آن را از لایه ی فلزی جدا کنید، برای این کار از کاتر یا تیغ اصلاح می توانید استفاده کنید.

یک کپی از نمونه ی شکل شماره ی 4 فراهم نمایید. اگر در ابعاد A3 تهیه شود، دقت کار شما افزایش می یابد. نمونه را برش دهید، قسمت های سفید را نیز ببرید، حالا قسمت های مختلف را تا کنید و یک باریکه ی نازک با توجه به مقیاس ایجاد نمایید. نیاز به بریدن قسمت درجه بندی شده نیست. حالا جعبه را چسب بزنید به نحوی که قسمت مشکی در داخل قرار بگیرد. در سوارخ سمت چپ قسمت خم شده، CD و یا DVD را بچسبانید.



مواد مورد نیاز: DVD، قیچی، کاغذ جعبه

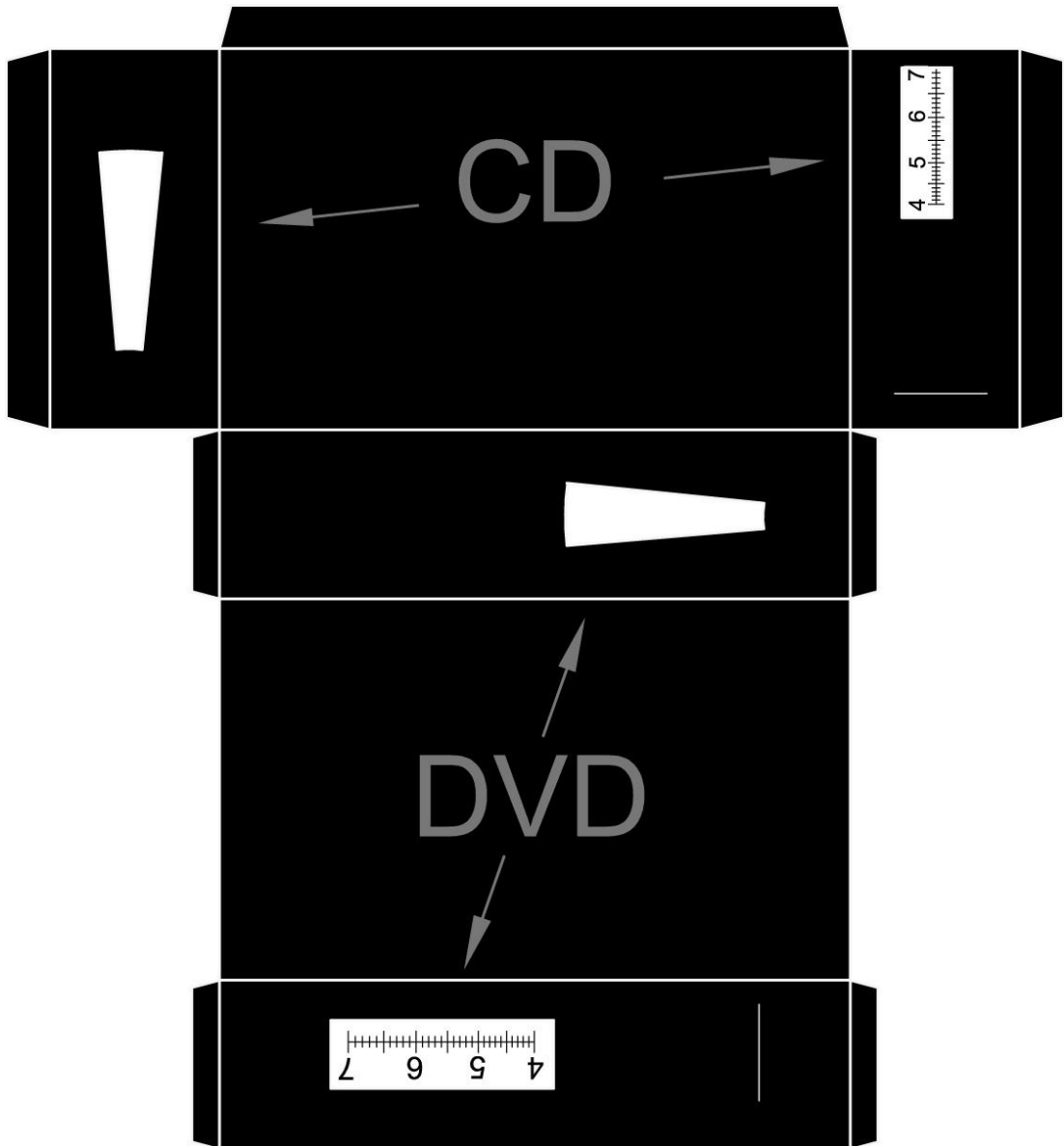


به کمک یک چسب، لایه فلزی روی CD را بردارید.

از محل DVD نگاه کنید و شکاف جعبه را به سمت یک لامپ کم مصرف و یا لامپ فلئورسنت قرار دهید. حال شما باید خطوط نشری گاز لامپ را بر روی مقیاس ببینید. اگر موفق به دیدن نشدید، شکاف را حرکت دهید تا خطوط پیدا شوند. مقیاس بر اساس نانومتر درجه بندی شده است، بنابراین عدد 5، برابر با 500 نانومتر است. هر چه شکاف باریکتر، طول موجی که شما اندازه گیری می کنید از صحت بیشتری برخوردار است.



Fنگاه به لامپ فلئورسنت



شکل 5

همچنین برای این کار شما می توانید از مقوا استفاده کنید، اگر این کار را انجام دادید، قسمت مقیاس را برش داده و در محل مورد نظر بچسبانید.

شما می توانید از این ابزار برای لامپ های خیابانی مانند: نارنجی (سديم) و سفید (جیوه) نیز استفاده کنید. لامپ های رشته ای قدیمی، طیف پیوسته می دهند.

دانش آموزان جوان تر، می توانند نور را تجزیه و یک رنگین کمان بسازند.

استفاده از پخش کننده ی آب و پشت به خورشید ایستادن (شکل 6)



شکل 6: دانش آموزان می توانند نور را به کمک رنگین کمان تجزیه کنند.

## فروسرخ

ناحیه فروسرخ طیف الکترومغناطیس توسط ویلیام هرشل (کاشف سیراه ی اورانوس) در سال 1800 با استفاده از منشور و دماسنج کشف شد. او طیف را با استفاده از عبور نور خورشید از یک منشور ایجاد کرد و چندین دماسنج را در جاهای مختلف آن قرار داد؛ یکی در ناحیه آبی، یکی در ناحیه قرمز ( هر دو رنگ با چشم قابل شناسایی بود) و سومین دماسنج، بلافاصله بعد از ناحیه ی قرمز.

با استفاده از دماسنج چهارم، دمای محیط را اندازه گیری نمود و دریافت دماسنجی که در ناحیه ی زیر قرمز ( امروزه با نام فرو سرخ) قرار دارد، دمایی بیشتری نسبت به محیط ثبت نمود.

هرشل آزمایش های گوناگون دیگری با "پرتوهای گرمایی" (آنگونه که خود می نامید) انجام داد و دریافت که بخش

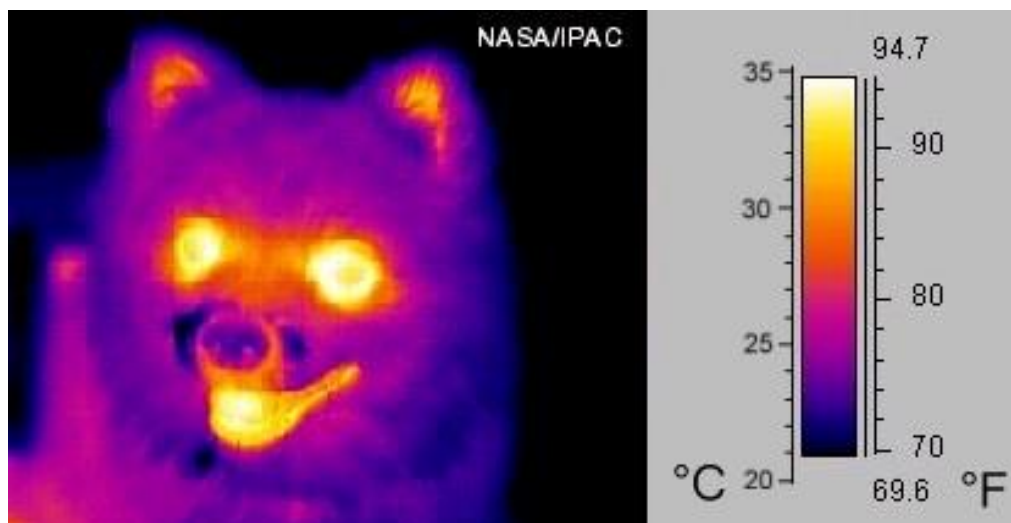


بعد از ناحیه ی قرمز طیف، مانند نور مرئی، بازتاب، شکست، جذب و منتقل می شود. این "پرتوهای گرمایی" بعدها، امواج فرسرخ و یا تابش فرسرخ نامیده شدند. این اکتشافات توسط دانشمندان دیگر ادامه یافت و در چندین تکنولوژی مورد استفاده قرار گرفت.

اجسام با دمای کم، تشعشعی در ناحیه ی مرئی طیف، ایجاد نمی کنند، اما در ناحیه ای با طول موج بیشتر، انرژی کمی آزاد می کنند. برای مثال، بدن ما و حیوانات در ناحیه فرو سرخ تشعشعاتی ساطع می کند که با چشم غیر مسلح قابل مشاهده نیست و به عنوان گرمای منتشر شده از بدن شناخته می شود.

هر جسمی در دمایی معین، امواج فرسرخ از خود ساطع می کند. (شکل 6)

عینک دید در شب، به فرد اجازه ی دیدن این امواج را می دهد.



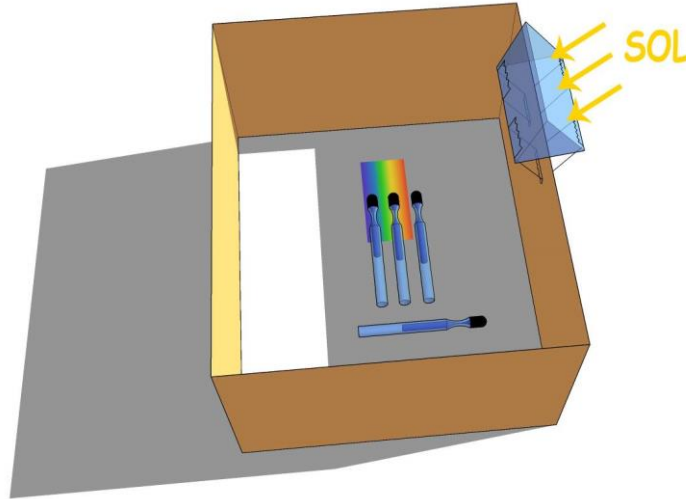
شکل 7: عکس فرو سرخ. ما نواحی گرم تر و یا سردتر را تشخیص می دهیم

## آزمایش 2: آزمایش هرشل در محدوده ی فرسرخ

هدف این فعالیت تکرار آزمایشی است که ویلیام هرشل در سال 1800 انجام داد و منجر به کشف بخش فرسرخ طیف الکترومغناطیس شد.

ما به یک منشور شیشه ای، چهار عدد دماسنج، ماژیک سیاه، قیچی، چسب، کارتن و یک برگه ی سفید نیاز داریم.

ما دور حباب(مخزن) دماسنج را چسب زده و با ماژیک سیاه آن را رنگ می کنیم تا گرما را بهتر جذب نماید.



شکل 8: ابزار هرشل: سه دماسنج در طیف، دمای بیشتری نسبت به محیط نشان میدهند.

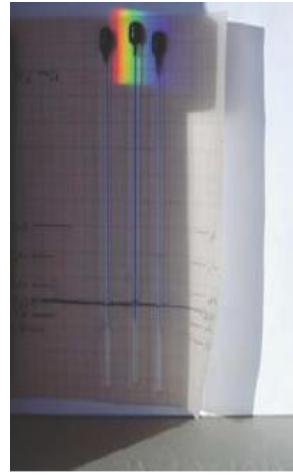
آزمایش ترجیحا می بایست در بیرون از منزل و در هوای آفتابی صورت بگیرد. در صورت وزش باد، می توان آزمایش را از پشت پنجره ای که نور خورشید مستقیم به آن می تابد انجام داد. منشور را با دقت در لبه ی بالایی جعبه قرار دهید بخ طوری که در راستای نور خورشید باشد. یک کاغذ سفید در کف جعبه قرار دهید. دقت کنید که در داخل جعبه، همه چیز در سایه باشد ( شکل 8 و 9). منشور را به دقت چرخانده تا عریض ترین طیفی که می توان در کف جعبه داشت، ایجاد شود.

بعد از محکم کردن منشور در محل مورد نظر با چسب، سه دماسنج را در نور طیف قرار دهید، به گونه ای که حباب هر کدام در یک رنگ باشد: یکی در ناحیه ی آبی، یکی در ناحیه ی زرد و سومین کمی بعد از ناحیه ی قرمز. به نحوی که ناحیه ی مدرج قابل خواندن باشد و نیازی به تکان دادن دماسنج در حین کار نباشد.  
( شکل )

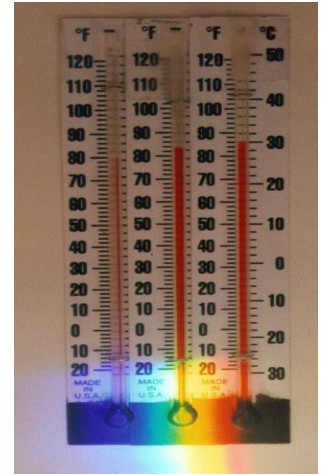




شکل 9: قرار دادن سه دماسنج با حباب های مشکی در نواحی مختلف طیف در سایه



شکل 9b: دماسنج ها در ناحیه آبی، زرد و کمی بعد از قرمز



شکل 9c: نمونه ای از اندازه گیری بعد از سه دقیقه.. measures in 3 minutes. (www.spitzer.caltech.edu)

5 دقیقه زمان نیاز است تا دماسنج ها به دمای نهایی خود برسند. طبق جدول (جدول 1) هر یک دقیقه دمای هر دماسنج را خوانده و یادداشت می کنیم. دقت کنید که دماسنج ها ثابت مانده و چیزی مانع رسیدن نور به آن ها نشود.

دمانسجی که در ناحیه ی زرد قرار دارد، می بایست دمایی بیشتر از دماسنج ناحیه ی آبی را نشان دهد و آن دماسنجی که در نزدیکی ناحیه قرمز قرار دارد، کمی دمای بیشتری نشان دهد. بنابراین منطقی است که دماسنج بعد از ناحیه ی قرمز نوعی از تابش را از خورشید دریافت می کند که برای چشم ما قابل مشاهده نیست.

	Thermometer n° 1 in the blue	Thermometer n° 2 in the yellow	Thermometer n° 3 beyond red	Thermometer n° 4 in shadow
بعد از 1 دقیقه				
بعد از 2 دقیقه				
بعد از 3 دقیقه				
بعد از 4 دقیقه				
بعد از 5 دقیقه				

جدول داده ها:

### فعالیت 3: شناسایی فرسرخ با تکنولوژی مدرن

اگر بخواهیم که امواج IR را ابزارهای مدرن شناسایی کنیم، اولین چیزی که به ذهن خطور می‌کند، دید در شب است که امکان دیدن امواج فرسرخ منتشر شده از بدن را می‌دهد. اما این وسیله به راحتی قابل یافتن نیست، پس می‌بایست به دنبال ابزاری آسان‌تر و اقتصادی‌تر بود.

کنترل تلویزیون، ضبط صوت یا ماکروویور از فرسرخ استفاده می‌کند (از آن‌هایی که چراغ قرمز دارند استفاده نکنید). این یک راه ساده برای مشاهده‌ی امواج غیرمرئی است. اما چگونه آن را شناسا کنیم؟

برای این منظور ما می‌بایست یک شناساگر حساس به فرسرخ پیدا کنیم. CCD یک محصول مهم تکنولوژی است که موجب پیشرفت مطالعات نور در نجوم شد. این ابزار می‌تواند در یک محدوده‌ی زمانی فوتون‌ها را جمع‌آوری و ضبط کند و ما به کمک آن می‌توانیم اجرامی که نور تولید یا بازتاب کرده‌اند را شناسایی کنیم. CCD به ناحیه‌ی قرمز حساس است و در برخی موارد نواحی نزدیک به IR را نیز پوشش می‌دهد.

دوربین‌های مدرن و دوربین‌های فیلمبرداری یک CCD برای تصویربرداری هستند. این موضوع امکان گرفتن عکس در شرایطی با نور کم را فراهم می‌کند. ساده‌ترین ابزاری که همه‌ی ما این روزها از آن استفاده می‌کنیم و یک دوربین با آشکارساز CCD است، تلفن همراه می‌باشد.



شکل 10a: کنترل با چشمان غیر مسلح.

شکل 10b: کنترل فعال با دوربین تلفن همراه

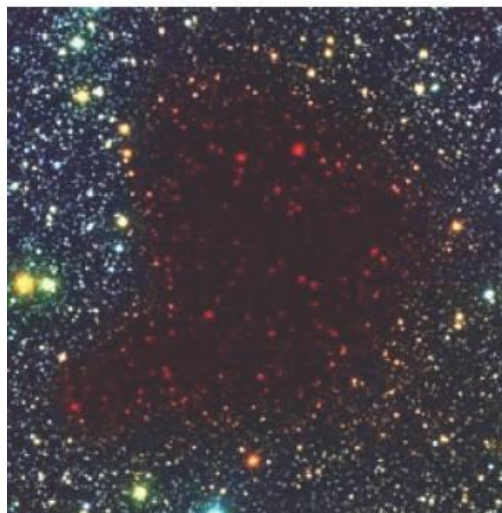
با چشمانمان به صورت مستقیم به کنترل نگاه می‌کنیم، هیچ تفاوتی بین حالت روشن و خاموش آن مشاهده نمی‌شود (شکل). اما اگر وقتی کنترل روشن است به کمک دوربین گوسی همراه یک عکس بگیریم، شگفت زده خواهیم شد. دستگاه از نور فرسرخ برای ارسال سیگنال روشن شدن تلویزیون و یا سایر ابزارهای الکترونیکی استفاده می‌کند که چشم ما قادر به دیدن آن نیست و تنها به وسیله دوربین تلفن همراه می‌توان آن را ثبت کرد. رنگ نور صحیح نیست.

#### فعالیت 4: شناسایی نور فرسرخ یک لامپ

بیشتر اجرام آسمان امواج بسیاری از خود منتشر می‌کنند. اگر بین آن‌ها و ما، گردوغبار و یا گاز باشد، مانع از رسیدن امواج آن‌ها می‌شوند. برای مثال غبار موجود در مرکز کهکشان ما، مانع از دیدن نور مرئی میلیون‌ها ستاره موجود در مرکز آن می‌شود. با این حال، غبار، نسبت به نور فرسرخ که به ما می‌رسد، شفاف است. این موضوع در مورد ابرهای غبار تاریک کهکشان ما نیز صادق است.



ابر غبار در ناحیه مرئی



همان تصویر در ناحیه ی فرورسرخ

در لامپ‌های رشته‌ای پرنور، عمده‌ی انرژی در محدوده‌ی مرئی منتشر می‌شود و البته مقداری در بخش فرسرخ.

امواج فرسرخ، می‌توانند از اجرامی که نسبت به نور مرئی کدر هستند، عبور کنند.

به یک چراغ قوه و پارچه‌ی نمدی (پشمی) نیاز داریم. این پارچه نور مرئی را عبور می‌دهد؟

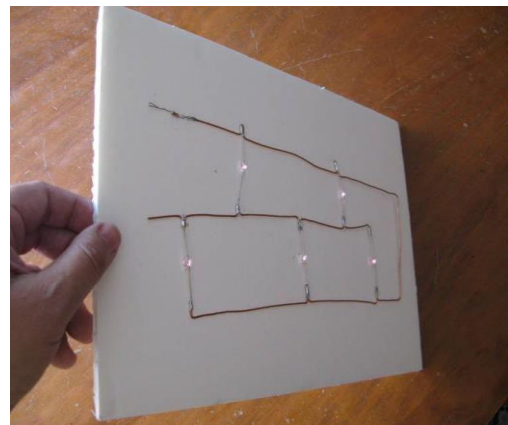
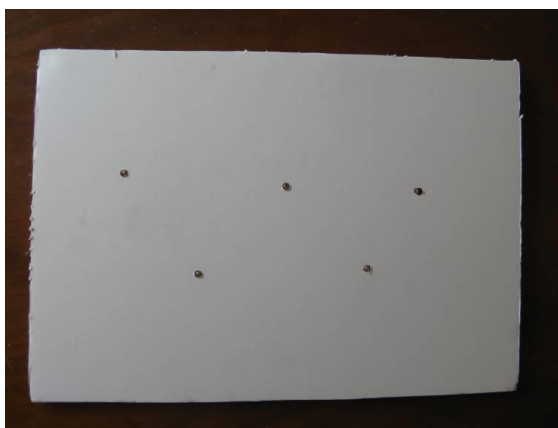
به یک اتاق تاریک رفته و چراغ قوه را روشن می‌کنیم، سپس با پارچه‌ی نمدی روی آن را می‌پوشانیم، در صورتی که همچنان نور مشاهده شد، می‌توان از دو یا سه لایه‌ی دیگر پارچه استفاده نمود (تا جایی که نور محو شود). البته دقت کنید که فقط به میزان لازم لایه‌ها را افزایش دهید، چرا که در آن صورت، نور فرسرخ نیز مسدود می‌شود. همچنین اتاق را تا حد امکان تاریک نمایید. حال اگر با دوربین گوسی همراهی که نسبت به نور فرسرخ حساس هست، از چراغ قوه‌ها عکس بگیریم، به خوبی می‌توان چراغ متمایز را تشخیص داد.



پارچه ی نمدی کاملاً نور مرئی را مسدود می کند اما نسبت به نور فرورسرخ شفاف است.

## فعالیت 5: صورت های فلکی با فرورسرخ

در مغازه ی لوازم الکترونیکی و یا به صورت آنلاین شما می توانید لامپ های ال ای دی فرو سرخ را که در کنترل تلویزیون، ضبط و .. کاربرد دارند، را بیابید. این لامپ ها قیمت مناسبی دارند و با باتری های 3 یا 9 ولت یا یک منبع تغذیه DC کار می کنند. این لامپ ها به صورت موازی و با مقاومتی بین 100 تا 500 اهم به یکدیگر مرتبط متصل می شوند.



ذات الکرسی ساخته شده با لامپ LED که به صورت موازی به هم وصل شده اند. شما می توانید مدارهای کوچکی به کمک لامپ های LED برای صورت های فلکی مشهور آسمان مانند ذات الکرسی، خرس بزرگ، شکارچی ( با توجه به آسمان نیم کره ای که در آن زندگی می کنید) بسازید و سپس به کمک دوربین گوشی همراه آن ها را در محدوده ی فرورسرخ مشاهده نمایید.



## فعالیت 6: صورت فلکی با کنترل تلویزیون

یک راه آسان تر نسبت به روش قبل، برای ساخت صورت های فلکی استفاده از کنترل های تلویزیون با نور فروسرخ است. اگر با کمک یک دوربین عکاسی دیجیتال در یک محیط تاریک از کنترل ها عکس گرفته شود، شما می توانید به خوبی صورت فلکی ساخته شده ی خود را ببینید.

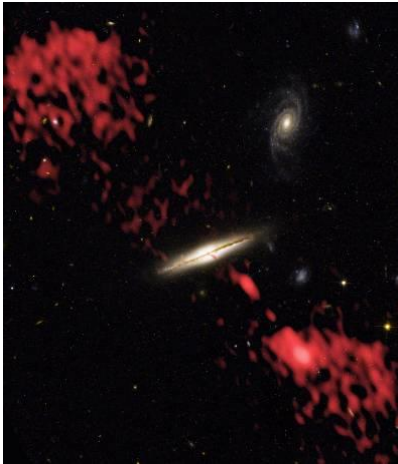


ساخت صورت فلکی صلیب جنوبی به کمک کنترل تلویزیون

## انرژی الکترومغناطیس در محدوده ی رادیویی

امواج الکترومغناطیس با طول موج های چند متر تا چند کیلومتر با نام امواج رادیویی شناخته می شوند. این امواج در ایستگاه های تجاری (رادیویی) استفاده می شوند، همچنین از کیهان نیز به ما می رسند. این امواج تصویری از موفولوژی (ریخت شناسی) کیهان به ما ارائه می دهند که در سایر طول موج ها قابل مشاهده نیست.

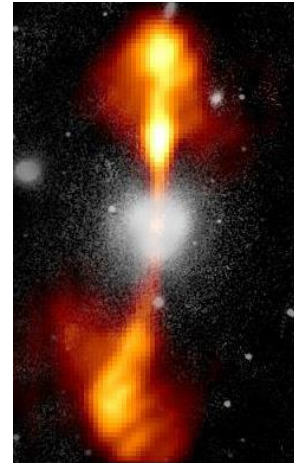
جهان هستی، شامل منابع قوی از امواج رادیویی مانند: مرکز کهکشان راه شیری، ستاره ها نوترونی با چرخش های سریع و حتی برخی سیارات مانند مشتری است.



این کهکشان جت هایی از خود ساطع می کند که تنها در محدوده ی رادیویی قابل مشاهده است. (رنگ قرمز غیر واقعی است)



عکس از کهکشان در نور مرئی



همان کهکشان در محدوده ی رادیویی که داری چند جت از مواد است. (رنگ ها غیر واقعی است.)

## فعالیت 7: تولید امواج رادیویی

وقتی شما یک مدار الکتریکی را باز و بسته می کنید، آن ها امواج رادیویی مانند ایستگاه های رادیویی دارند. شما می توانید آن ها را بر روی رادیو در موج AM قرار دهید و آن ها را به صدا که نوع دیگری از امواج است تبدیل کنید. قدرت این رادیوها با دور شدن از منبع تولید؛ کاهش می یابد. امواج را دیویی از موانع و حتی از دیوار نیز عبو می کنند. برای انجام این آزمایش ما به دو قطعه سیم بیست سانتی متری نیاز داریم. پلاستیک انتهایی دو طرف یکی از سیم ها را جدا می کنیم.

رادیو را روشن کرده و در باند AM (نه FM) قرار می دهیم. سپس با انتهای مداد به توپ سیمی ضربه وارد کرده و همزمان موج رادیو را عوض کرده تا جایی که صدای ضربه های توپ را بشنویم. می توان رادیو را دور کرد و یا موانعی مانند مقوا و یا چوب در مسیر آن قرار داد. همینین می توان رادیو را به اتاق دیگری برد و با تکرار آزمایش، ببینیم آیا می توان صدا را شنید. توجه داشته باشید که انرژی الکترومغناطیس در ابتدا ربه انرژی الکتریکی و سپس صدا تبدیل می شود.



ساخت امواج رادیویی

## نور فرابنفش

فوتون های نور فرابنفش انرژی بیشتری نسبت به نور مرئی معمولی دارند. این موضوع موجب می شود که امواج فرابنفش در دوزهای بالا، پیوندهای شیمیایی مولکول ها را نابوده کرده و در نتیجه برای حیات کشنده هستند. از این امواج برای استلیزه کردن وسایل جراحی استفاده می شود..

خورشید امواج فرابنفش از خود ساطع می کند، اما خوشبختانه اتمسفر زمین (به ویژه اوزون)، بیشتر آن را جذب می کند. مقدار از این طول موج برای حیات مورد نیاز است. این امواج موجب برنزه شدن پوست ما می شود (مقدار زیاد آن موجب سرطان پوست)، همچنین توسط گیاهان برای فتوسنتز و سایر موارد جذب می شود. کاهش ضخامت لایه ی ازوون زمین، خطرناک خواهد بود و در نتیجه زمین مقدار زیادی امواج فرابنفش دریافت کرده و انواع سرطان ها افزایش می یابد.

## فعالیت 8: نور سیاه (فرابنفش)

لامپ هایی با نام نور سیاه وجود دارند که به صورت عمده در محدوده ی فرابنفش تولید نور می کنند و برای کمک به رشد گیاهان در گلخانه ها و یا مناطقی با نور آفتاب کم، مورد استفاده قرار می گیرند. شیشه ی این لامپ ها به صورت عمده سیاه است و تنها مقدار کمی نور آبی تیره منتشر می کنند. همچنین از این خاصیت برای تولید کاعذ پول استفاده می شود: یک نوار کوچک فلئورسنتی در پول قرار داده می شود که به کمک تاباندن نور فرابنفش دیده می شود و آن را از



پول های تقلبی متمایز می کند. از نور فرابنفش برای ساختن دستگاه های تشخیص جعل استفاده می شود. بسیاری از کارت های رسمی دارای نشانه ای هستند که به کمک نور فرابنفش قابل مشاهده هست.



شکل 18.



شکل 19

### اشعه ی X-

امواج ایکس از امواج فرابنفش نیز پر انرژی تر هستند و از آن ها در پزشکی به منظور رادیوگرافی و سایر اشکال شناخته شده ی رادیولوژی استفاده می شود.

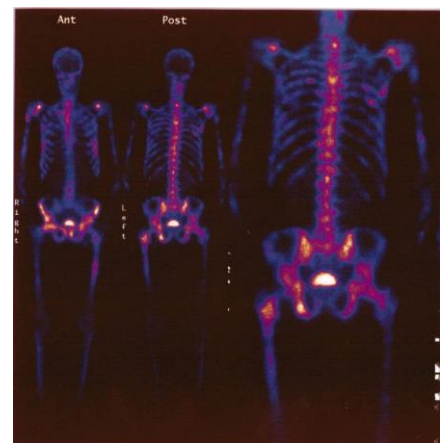
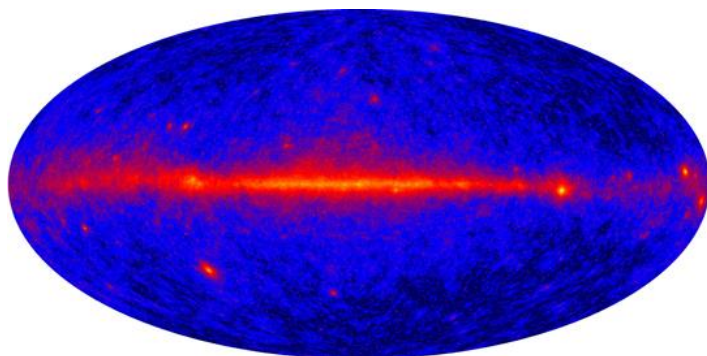


امواج ایکس استفاده شده در پزشکی/// کهکشان M81 به همراه مرکز آن در طول موج ایکس، که حضور یک سیاهچاله ی عظیم در مرکز آن را پیشنهاد می کند.

در کیهان امواج - ایکس، نشان دهنده ی پدیده و اجرامی با انرژی بالا، مانند: کهکشان ها، کوازارها، ابرنواخترها و ... است. ماموریت تلسکوپ فضایی چاندرا، شناسایی و بررسی این اجرام است.

## امواج گاما

در انتهای طیف، امواج گاما، با طول موجی کمتر از امواج ایکس حضور دارند. این امواج پرنرژی ترین بخش طیف هستند و از برخورد ماده (الکترون) و پادماده (پوزیترون) ایجاد میشوند. منابع مختلفی در جهان هستی برای آن وجود دارد و شناسایی یک انفجار عظیم که پرتوهای گاما را برای چند دقیقه تا چند ساعت در کیهان ساطع کند، چیز چندان عجیبی نیست. با توجه به طول موج بسیار کوتاهی که دارند شناسایی منبع ایجاد کننده ی آن بسیار دشوار است. اجرامی مانند: هسته ی کهکشان های فعال، پالسارها، ابرنواخترها از جمله منابع شناخته شده ی امواج گاما می باشند. بر روی زمین این امواج به صورت عمده توسط عناصر رادیواکتیو تولید می شوند. به مانند اشعه ی ایکس، از این امواج در تصویربرداری پزشکی و درمان بیماری هایی مانند سرطان استفاده می شود.



شکل 21.

## کتابشناسی

Mignone, C., Barnes, R., More than meets the eye: how space telescopes see beyond the rainbow, Science in the School, Eiro Forum, 2014

Moreno, R, *Experimentos para todas las edades*, Ed. Rialp. Madrid 2008.

Spitzer Telescope, Educacion, California Intitute of Technology.

<http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/index.shtml>

[http://www.scienceinschool.org/2014/issue29/EM\\_Astronomy](http://www.scienceinschool.org/2014/issue29/EM_Astronomy)

<https://www.khanacademy.org/science/cosmology-and-astronomy/universe-scale-topic/light-fundamental-forces/v/introduction-to-light>

Chandra X-ray Observatory <http://chandra.harvard.edu/about/>

The Fermi Gamma-ray Space Telescope <http://fermi.gsfc.nasa.gov/>