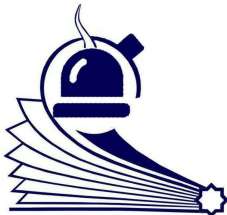


نخستین درس در ستاره شناسی - بخش چهارم

درس هفتم: فوران پرتو گاما

دکتر حسین شناور



قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی



پژوهش سرای دانش آموزی امام جعفر صادق (ع) کوهان



مدیریت آموزش و پرورش شهرستان گلبهار

این مجموعه درس برای آشنایی مقدماتی دانش آموزان و علاقمندان فارسی زبان با مباحث نجوم، اختر فیزیک و کیهان شناسی طراحی شده است. هدف اصلی این مجموعه درس، افزایش دانش علاقمندان به ستاره شناسی است؛ هرچند، به برخی مهارت های مربوطه نیز پرداخته خواهد شد.

خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:

h.shenavar@gmail.com

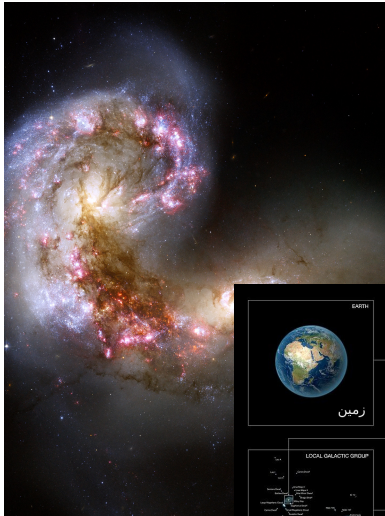
از همکاران محترم در گلبهار و گلملکان، برای همفکری ها و حمایت هایشان از فعالیت های پژوهش سرای دانش آموزی گلملکان، کمال سپاسگزاری را دارم.

برای ضبط این درس ها از نرم افزار Zoom استفاده شده است.

درس هفتم: فوران پرتو گاما
داستان کشف
فیزیک فوران پرتو گاما

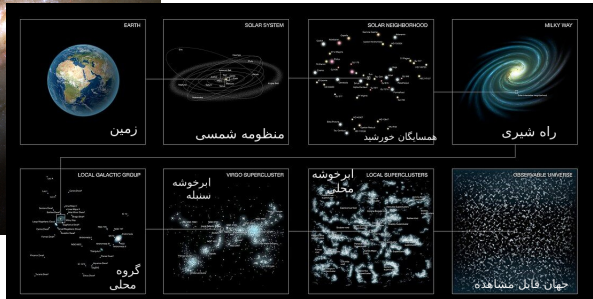
- داستان کشف
- فیزیک فوران

آنچه گذشت: خوشه های کهکشانی



در درس قبل درباره این موضوعات بحث کردیم:

- ۱ برخورد کهکشان ها
- ۲ فعال شدن سیاهچاله ها در برخورد کهکشانی
- ۳ میلکومدا: برخورد راه شیری و آندرومدا
- ۴ جت های کهکشانی و شکل های مختلف آنها
- ۵ گروه محلی، خوشه کهکشانی، ابرخوشه کهکشانی
- ۶ رشته ها و تهی جاها در ساختار کیهان
- ۷ زمینه ژرف هابل و تعداد کهکشان ها



داستان کشف فوران های پرتو گاما

- از این جلسه وارد بررسی معماهای بزرگ و حل نشده کیهان خواهیم شد.

- پس از پایان جنگ جهانی دوم، متفکین (آمریکا، انگلستان، فرانسه و شوروی) دو دسته شدند و به ویژه کشورهای آمریکا و شوروی رقابت شدید تسلیحاتی، سیاسی، اجتماعی و اقتصادی را شروع کردند که تا فروپاشی شوروی (۱۹۹۰) ادامه داشت. این بازه زمانی را دوره جنگ سرد می نامند. تلاش هر دو طرف در این دوره شکست کامل طرف مقابل بود.



رقابت خطرناک

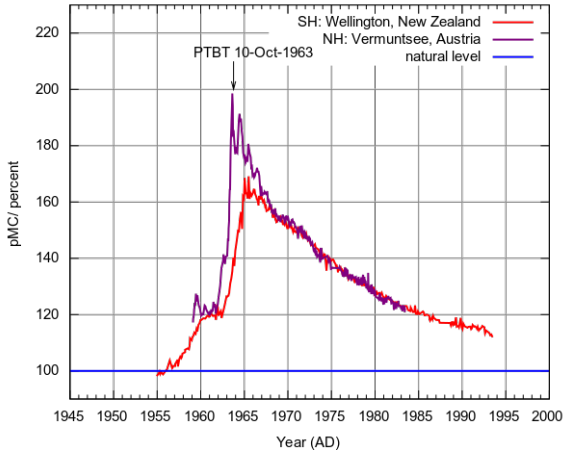


هر دو کشور تسلیحات اتمی مختلفی را در اختیار داشتند و تسلیحات جدید اتمی را نیز در هر فرصتی آزمایش می کردند. هدف این آزمایش ها به وجود آوردن سلاح هایی با قدرت و دقت بیشتر بود.

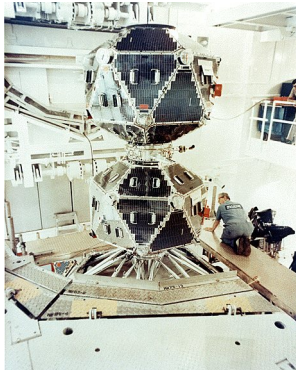
همچنین، هر دو طرف وارد عصر رقابت های فضایی شده بودند و از ماهواره ها برای جاسوسی از توانایی های طرف مقابل استفاده می کردند. یکی از ایده های بسیار خطرناک مطرح شده در جنگ سرد این بود که سلاح های اتمی از پایگاه های فضایی به سمت کشور مقابل شلیک شود! این طرح می توانست زمان رسیدن به هدف را به چند دقیقه کاهش دهد. هرچند، بالاخره در سال ۱۹۶۳ پیمانی بین طرفین (و دیگر کشورها) امضا شد که آزمایش هسته ای در جو زمین، فضا و زیر آب را منع می کرد. این توافق را پیمان منع جزئی آزمایش هسته ای می نامند.

تاثیر توافق

- تاثیر این توافق بر کاهش ایزوتوپ های رادیواکتیو در جو به صورت آنی دیده شد. مثلاً در زیر مقدار ایزوتوپ کربن ۱۴ در اتمسفر در سال های مختلف را مشاهده می کنید.



بی اعتمادی

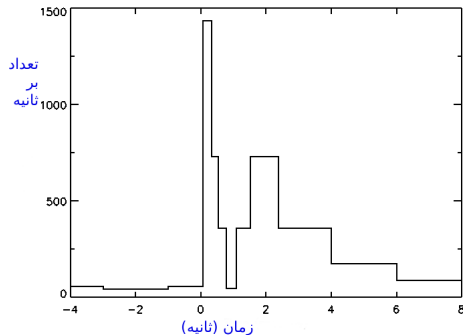


البته، هیچکدام از طرفین به یکدیگر اعتماد نداشته و همچنان همدیگر را تحت نظر داشتند. مثلاً، گروهی در آمریکا اعتقاد داشتند که شوروی ممکن است در نقاط دیگر (مثلاً در طرف دیگر ماه!) آزمایش اتمی انجام دهد. بنابراین، آمریکا مجموعه ای از ماهواره ها را برای کشف هرگونه اثر از انفجارهای اتمی به فضا فرستاد. این پروژه را ولا (Vela) می نامند. اولین ماهواره ولا شامل دوازده آشکارساز پرتو ایکس و هجده آشکارساز نوترون و پرتو گاما بود. این ها اصلی ترین نشانه های انفجار اتمی هستند. ماهواره های بعدی ولا به مراتب بهتر شدند.

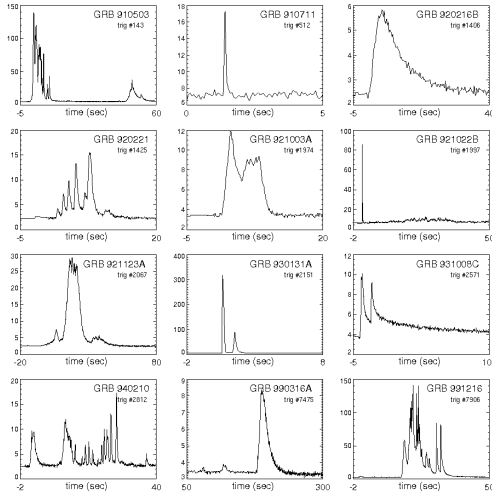
دو فیزیکدان به نام های اولسن و کلبِسل (Roy Olsen and Ray Klebesadel) مسئول بررسی داده های این ماهواره ها و گزارش پرتوهای مشکوک بودند. چنین مطالعه ای می تواند بسیار دشوار و زمانبر باشد؛ مخصوصاً اینکه بسیاری از سیگنال ها ممکن است واقعی نباشند. یعنی باید راهی برای تشخیص سیگنال های واقعی از غیر واقعی بیابیم. معمولاً سیگنال های غیر واقعی فقط توسط یکی از آشکارسازها گزارش می شوند.

شکار اولین انفجار پرتو گاما

- بالاخره، در سال ۱۹۶۷ تعدادی از ماهواره های ولا یک سیگنال پرتو گاما را گزارش کردند که البته در سال ۱۹۶۹ درست بودن آن مشخص شد.
- البته مشکلی در این سیگنال وجود داشت: سیگنال مورد نظر هیچ شباهتی به سیگنال پرتو گامای انفجارهای اتمی نداشت! در یک انفجار اتمی، مقدار تابش گاما و تغییرات آن با زمان وضعیت مشخصی دارد. ولی تابش پرتو گامای سال ۱۹۶۷ نمودار کاملاً متفاوتی داشت. در این نمودار یک قله تابشی که کمتر از یک ثانیه طول می کشد وجود دارد و پس از آن تابش ضعیف تری میبینیم که برای چندین ثانیه ادامه دارد.



انفجارهای دیگر پرتو گاما



یک منبع ممکن برای چنین پرتوهای خورشید است. ولی فعالیت های خورشید به دقت رصد می شود و فیزیکدانان می دانستند که خورشید در آنروز فعالیت پرتوزایی خاصی نداشته است.

در سال های بعد سیگنال های تابش گامای دیگری نیز کشف شدند و همزمان شیوه های بررسی این پدیده نیز بهتر شدند. با بهبود روش های بررسی، معلوم شد که منبع این تابش ها زمین و یا اجرام نزدیک به زمین نیست بلکه باید در اعماق فضا به دنبال آن بود.

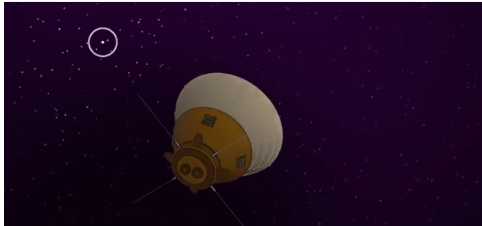
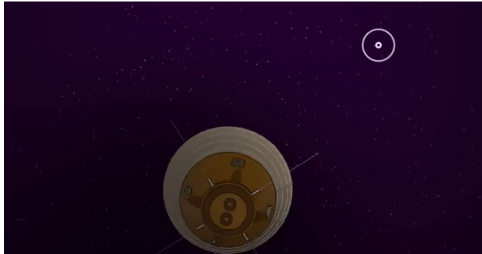
در سال ۱۹۷۳ اولسن و کلبسدل نتایج خود را منتشر کردند. حالا پرسش منجمین این بود که چه چیزی می تواند باعث این فوران های پرتو گاما باشد؟

تولید پرتو گاما

- تولید پرتو گاما مشکل است و در رویدادهای پرانرژی کیهانی رخ می دهد؛ مانند انفجار ستارگان و شراره های بسیار عظیم خورشیدی. ولی این پدیده ها با رویدادهای انفجار پرتو گاما (*GRB : Gamma Ray Burst*) همزمانی نداشتند.



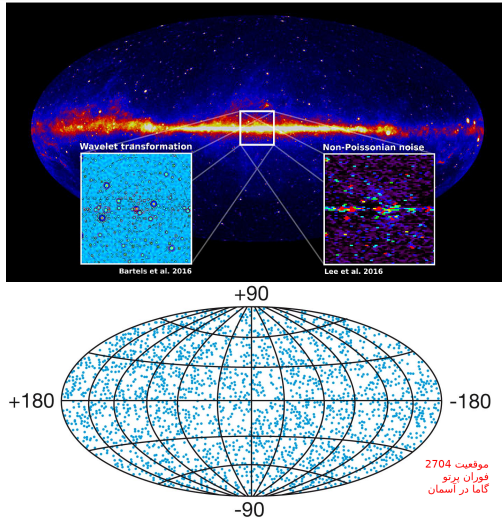
فوران های بسیار کوتاه



متاسفانه فوران های پرتو گاما در زمان بسیار کوتاهی (چند ثانیه و حداکثر چند دقیقه) رخ می دهند. بنابراین بسیار مشکل بود که بتوان پس از گزارش آشکارساز پرتو گاما آن را با تلسکوپ های نوری هم مشاهده کرد. مخصوصا به دلیل اینکه هفته ها و ماه ها طول می کشید تا مکان تقریبی آنها را در فضا معلوم کرد. در این حالت نیز عدم قطعیت در موقعیت، و حتی زاویه تابش، بسیار بزرگ بود. با توجه به عدم قطعیت بزرگ آشکارسازهای ابتدایی پرتوگاما، هزاران کهکشان، ستاره و جرم دیگر در فضای اطراف ما می توانستند منبع این تابش ها باشند.



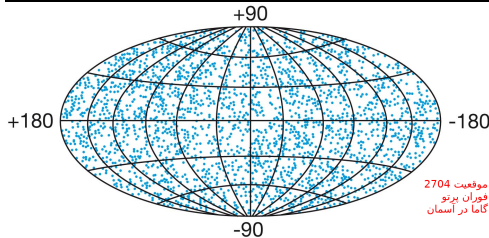
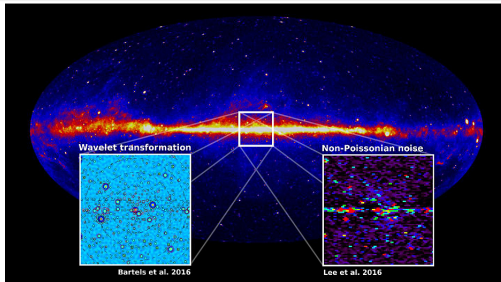
فوران گاما از همه جهت ها



با کشف فوران های پرتو گامای دیگر معلوم شد که این تابش ها از همه جهات در فضا به سمت ما می آیند. این موضوع مساله را پیچیده تر کرد.

اگر فوران های پرتو گاما ناشی از ستاره های نوترونی بودند، آنگاه انتظار داشتیم که تعداد فوران ها در صفحه کهکشان بیشتر باشد، زیرا تقریباً همه ستاره های نوترونی کشف شده در این صفحه قرار دارند. ولی فوران گاما از همه جهت به سمت ما می آید. در نتیجه، یا منابع فوران باید به ما نزدیک باشند (چند صد سال نوری) و یا بسیار بسیار دور (به حدی دور که کهکشان ها و خوشه های کهکشانی در نزدیکی ما تاثیر بر موقعیت فوران های گاما ندارند)! حتی خوشه سنبله هم تاثیری در این توزیع ندارد.

فوران گاما از همه جهت ها

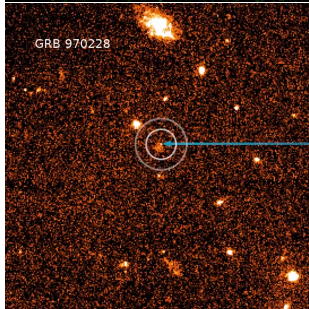


هیچکدام از این دو منبع فوران در آن زمان مورد پذیرش نبودند. زیرا منابع تابش در نزدیکی ما به خوبی شناخته شده اند و می دانیم که چنین تابش عظیمی ندارند. از طرفی، منجمین استدلال می کردند که اگر فوران های پرتو گاما از فاصله های بسیار دور کیهانی (میلیاردها سال نوری) به سمت ما بیایند، انرژی آنها باید به صورت غیر قابل قبولی زیاد باشد.

منبع فوران های پرتو گاما تا دهه ها نامعلوم بود.

البته، منجمین امید داشتند که با افزایش سرعت در تعیین موقعیت این فوران ها بتوانند اطلاعات بیشتری کسب کنند، زیرا در این صورت می توان از تلسکوپ های دیگر هم برای مطالعه آنها استفاده کرد.

ماهواره BeppoSAX



بالاخره ماهواره هلندی-ایتالیایی *BeppoSAX* این امید را به واقعیت تبدیل کرد. این ماهواره در سال ۱۹۹۶ پرتاب شد و در سال بعد موقعیت تقریبی فوران گامایی را با سرعت خوبی ثبت کرد. در کمتر از چند ساعت، تلسکوپ های زمینی منبع فوران را پیدا کردند و تصاویر آن را تهیه کردند.

منبع این فوران پرتو گاما که *GRB 970228* نامیده شد، درون یک کهکشان بسیار کم نور قرار داشت و فاصله آن تا سالها بعد تعیین نشد. با گذشت یک ماه، فوران دیگری ثبت شد که منبع آن باز هم درون یک کهکشان کم نور بود. این بار منجمین توانستند فاصله تا منبع را تعیین کنند: شش میلیارد سال نوری!!!

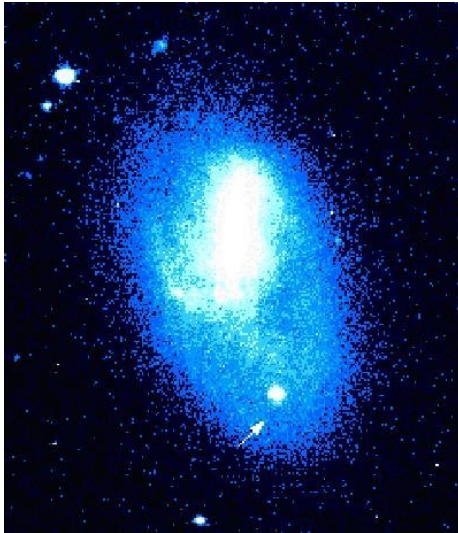
حالا قسمتی از معما حل شده بود: فوران های پرتو گاما از فواصل بسیار دور کیهان به سمت ما می آیند و نه فاصله های نسبتا نزدیک درون کهکشان. ولی مجددا این پرسش مطرح شد که چه چیزی می تواند چنین تابش های شدیدی را ایجاد کند؟

صدای تولد سیاهچاله ها

- وقتی در پدیده های کیهانی انرژی زیادی مشاهده می کنیم، یکی از اصلی ترین نامزدها برای توجیه انرژی می تواند سیاهچاله باشد. سیاهچاله ها وقتی متولد می شوند که هسته یک ستاره سنگین رمبش می کند (بخش سوم، درس های هشتم و دهم). این اتفاق پس از یک انفجار ابرنواختی رخ خواهد داد.



صدای تولد سیاهچاله ها

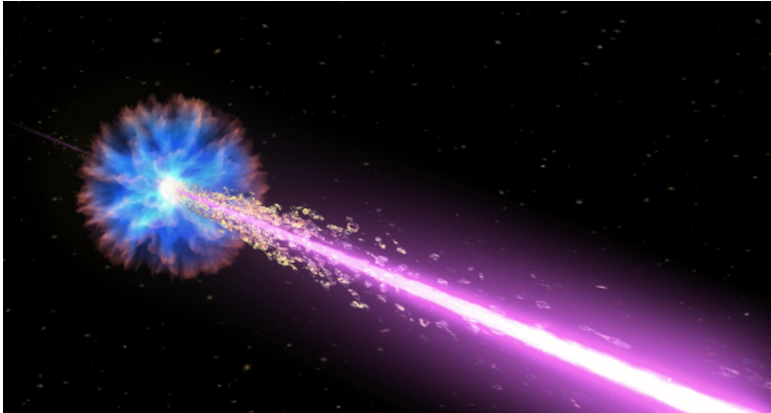


ولی با توجه به فاصله و انرژی فوران های پرتوگاما، منجمین تا سالها معتقد بودند که حتی ابرنواخترها نیز نمی توانند منبع آن باشند. بالاخره، منجمین و فیزیکدانان این ایده را مطرح کردند که ممکن است انرژی انفجار ابرنواختری به دلیلی در یک جهت خاص متمرکز شده است.

در انفجارهای ابرنواختری انرژی در همه جهت ها پخش می شود (به صورت کروی). ولی اگر این انرژی به صورت باریکه به بیرون گسیل شود، می توان انفجار بسیار بزرگتری را در آن جهت خاص مشاهده کرد.

صدای تولد سیاهچاله ها

- حالا منجمین به این سناریو اعتقاد دارند: وقتی هسته یک ستاره بسیار پرجرم رمبش می کند و یک سیاهچاله متولد می شود، مواد بیرون هسته به سمت مرکز سقوط می کنند. این پدیده باعث تشکیل یک قرص برافزایشی بسیار داغ می شود. میدان مغناطیسی ناشی از این مواد و سیاهچاله باعث می شود که مواد و انرژی در جهت بسیار محدودی (قطب های دیسک) حرکت کنند. جزییات این فرایند همچنان مورد بحث است. **فیلم ۱ را ببینید.**



فرانواختر

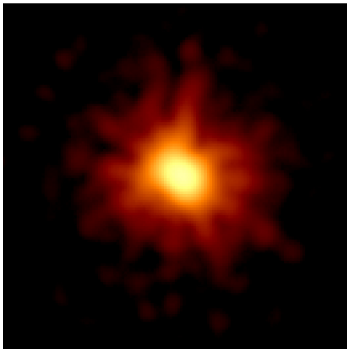


انرژی آزاد شده در این فرایند تقریباً برابر با انرژی ابرنواختر است. حتی مواد خروجی هم با سرعتی بسیار نزدیک به سرعت نور از سیاهچاله خارج می شوند. البته انفجار ابرنواختری هم در جهات مختلف در فضا منتشر می شود که از انفجارهای معمول بزرگتر است زیرا جرم ستاره ابتدایی از حد معمول بیشتر است. منجمین چنین انفجاری را فرانواختر (Hypernova) می نامند.



فرانواختر

- این انفجارها حتی ممکن است بدون تلسکوپ هم دیده شوند. در ۱۹ مارس سال ۲۰۰۸ یک فوران پرتو گاما در آسمان ظاهر شد. فاصله منبع فوران تقریباً ۷/۵ میلیارد سال نوری از زمین بود. با وجود این فاصله بسیار عظیم، اگر شما در آن لحظه به آن نقطه از آسمان نگاه می کردید، می توانستید این پدیده را با چشم خود مشاهده کنید. منجمین فکر می کنند که در این مورد، فوران دقیقاً به سمت ما بوده است.



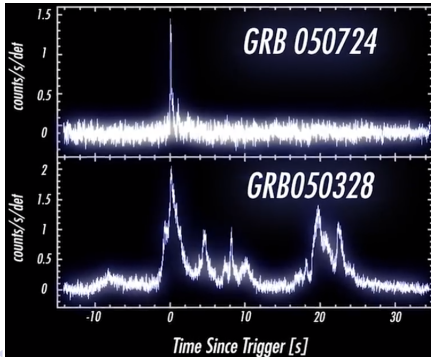
نوع دوم فوران های پرتو گاما

بررسی دقیق داده های فوران پرتو گاما نشان می دهد که این فوران ها را می توان به دو دسته تقسیم بندی کرد:

۱) برخی فوران ها بیشتر از دو ثانیه طول می کشند. منبع این نوع فوران فرانواختر است.

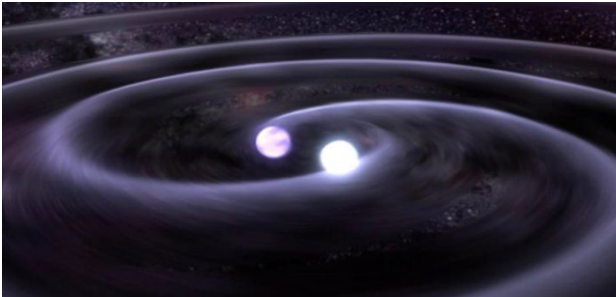
۲) برخی فوران ها بسیار سریعتر اتفاق می افتند (بعضی موارد در حد میلی ثانیه!). منبع این فوران ها نمی تواند ابرنواختر و یا فرانواختر باشد.

در ادامه مورد دوم را بررسی خواهیم کرد.



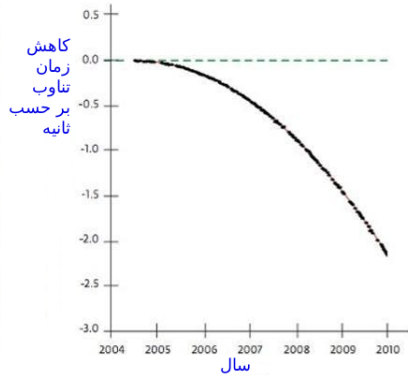
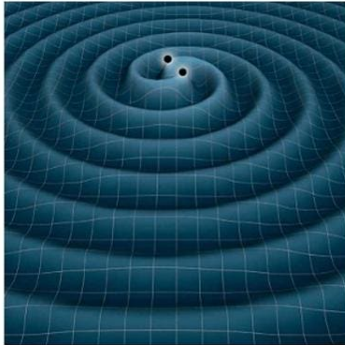
برخورد دو ستاره نوترونی

- در حال حاضر عقیده بر این است که نوع دوم فوران پرتو گاما ناشی از برخورد دو ستاره نوترونی و انفجار ناشی از آن است.
- دو ستاره پرجرم را فرض کنید که به صورت دوتایی متولد شده اند. در نهایت، اگر جرم این دو کافی بوده ولی چندان زیاد نباشد، هر دو پس از یک انفجار ابرنواختری به ستاره نوترونی تبدیل می شوند.
- حالا دو ستاره نوترونی در حال دوران به دور مرکز جرم مشترک هستند. در گرانش نیوتنی دو ستاره می توانند تا ابد به دور هم گردش کنند؛ ولی نظریه گرانش اینشتین پیش بینی می کند که سیستم دوتایی از طریق تابش امواج گرانشی انرژی خود را از دست می دهد.



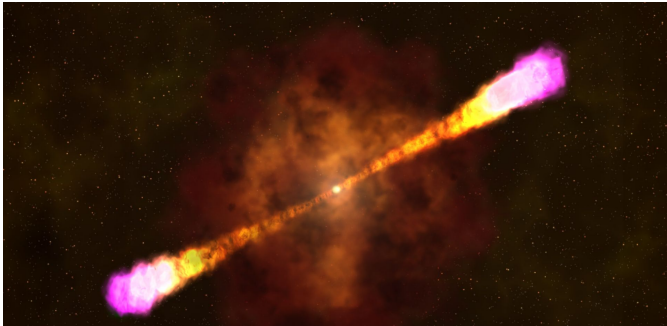
موج گرانشی

- به سیستم دوتایی (شامل دو ستاره نوترونی) زیر نگاه کنید. تابش موج گرانشی باعث می شود سیستم انرژی از دست بدهد. در نتیجه دو ستاره هر لحظه به هم نزدیکتر می شوند. بنابراین باید دوره تناوب آنها کاهش یابد. مشاهدات بسیار دقیق نشان می دهد که دوره تناوب سیستم های دوتایی در حال کاهش است و آهنگ کاهش با نظریه اینشتین توافق بسیار خوبی دارد.

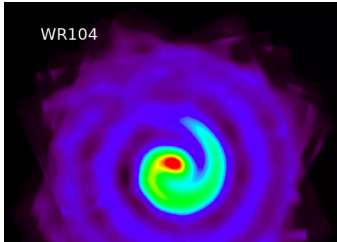
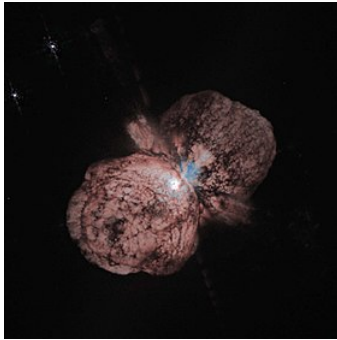


برخورد دو ستاره نوترونی

دو ستاره نوترونی پس از مدت زمان طولانی به هم برخورد می کنند و با هم ادغام می شوند. اگر جرم کل سیستم بیش از 2.8 برابر جرم خورشید باشد، آنگاه سیستم تبدیل به سیاهچاله می شود. برای لحظات کوتاهی پس از اینکه سیاهچاله شکل گرفت، مواد باقیمانده از برخورد به درون دیسک برافزایشی اطراف آن می ریزند. مواد ستاره نوترونی تا دمای فوق العاده زیادی داغ شده و اتفاقی شبیه به فرانواختر رخ می دهد. یعنی باریکه ماده و انرژی به بیرون می جهند. با توجه به اینکه در اینجا مواد بسیار متراکم تر (نسبت به فرانواختر) هستند، زمان فوران پرتو گاما بسیار کوتاه تر خواهد بود. **فیلم های ۲، ۳ و ۴ را ببینید.**



ما و فوران های پرتو گاما

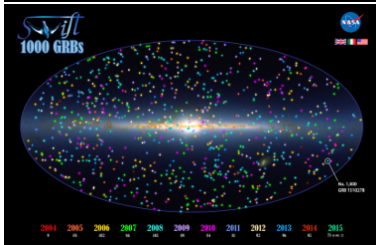
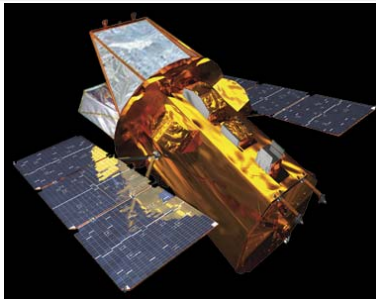


آیا فوران های پرتو گاما می توانند برای ما خطرناک باشند؟

خطر فوران پرتو گاما برای زندگی ما مانند خطر انفجارهای ابرنواختری است؛ هرچند، با توجه به اینکه فوران های پرتو گاما در یک باریکه انرژی شلیک می شوند می توانند تا فاصله های بسیار دورتری ایجاد خطر کنند. ابرنواختر در فاصله چند صد سال نوری می تواند خطر آفرین باشد، ولی یک فوران پرتو گاما می تواند از فاصله هفت هزار سال نوری همان خطر را ایجاد کند. ولی فوران گاما فقط وقتی که دقیقاً به سمت کره زمین است می تواند در دسرساز باشد. این نکته خطر فوران های پرتو گاما را به شدت کاهش می دهد.

دو ستاره آتا شاه تخته و $WR104$ (مشهور به ستاره های مرگ) احتمالاً می توانند در آینده تولید فوران پرتو گاما کنند. ولی این دو ستاره حداقل هفت هزار سال نوری با زمین فاصله دارند. همچنین، مطالعات به ما می گویند که احتمالاً جهت گیری این دو به سمت ما نیست. بنابراین، فعلاً جای نگرانی نیست!

عصر Swift



تاکنون ماهواره های بسیاری برای کشف فوران های پرتو گاما فرستاده شده اند. ولی احتمالا مهم ترین این ماهواره ها سوئیفت *Swift* است. این ماهواره فوران را می بیند، سپس سریعاً چرخیده و با استفاده از دوربین های ماوراء بنفش و مرئی نیز آن را رصد می کند. همزمان سوئیفت مختصات فوران را به زمین گزارش می دهد تا تلسکوپ های دیگر هم آن را رصد کنند. این رصدها می توانند مختصات و ویژگی های دقیق تابش گاما و منبع آن را برای ما مشخص کنند. **فیلم ۵ را ببینید.**

سوئیفت تا سال ۲۰۱۵ بیش از ۹۰۰ فوران پرتو گاما را گزارش کرده بود. در حال حاضر (سال ۲۰۲۳) فوران های پرتو گاما تقریباً به صورت روزانه گزارش می شوند. به یاد داشته باشیم که ما این فوران ها را فقط وقتی می بینیم که رو به رو به ما باشند. بنابراین اکثر فوران ها را ما نمی بینیم. در نتیجه، تعداد این انفجارها در سراسر کیهان بسیار بیشتر از رصدهای ماست.

فوران های پرتو گاما صدای تولد سیاهچاله ها هستند.

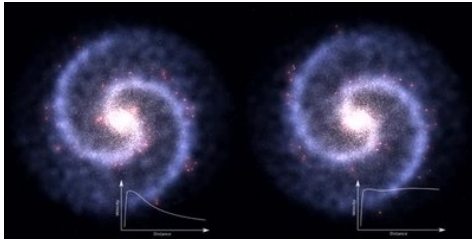
نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید خلاصه ای از مفاهیم فوران پرتو گاما را بیان کنید. همچنین، انتظار می رود که بتوانید پرسش های زیر را پاسخ گویند:

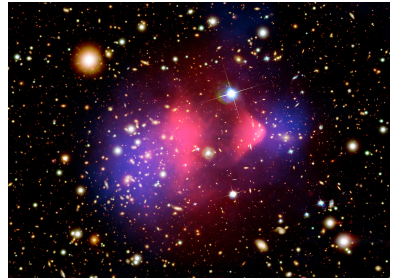
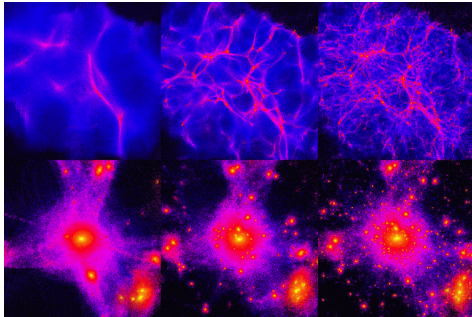
- ۱ پژوهش: درباره پیشرفت های علمی در دوره جنگ سرد تحقیق کنید.
- ۲ چرا اولسن و کلبسدل اعتقاد داشتند سیگنال پیدا شده ناشی از یک انفجار اتمی نیست؟
- ۳ پژوهش: درباره منابع طبیعی و مصنوعی تولید پرتو گاما تحقیق کنید.
- ۴ توضیح دهید که چطور کوتاه بودن فوران های گاما باعث میشد تعیین موقعیت این رویدادها مشکل شود.
- ۵ آیا فوران های گاما از جهت خاصی در آسمان به سمت ما می آیند؟
- ۶ پژوهش: درباره تابش گامای ستاره های نوترونی در دیسک کهکشان راه شیری تحقیق کنید.
- ۷ اگر فوران های گاما از همه جهت ها به سمت ما بیایند، آنگاه آنها در چه فاصله ای می توانند قرار داشته باشند؟
- ۸ توضیح دهید که آیا فوران های گاما از نقاط نزدیک به سمت ما می آیند و یا بسیار دور؟
- ۹ دو روش تولید فوران های گاما را توضیح دهید.
- ۱۰ چطور فوران گاما می تواند در یک انفجار ابرنواختری به صورت یک باریکه به سمت بیرون بجهد؟
- ۱۱ پژوهش: درباره فرانوختر تحقیق کنید.
- ۱۲ فوران های گامایی که چند ثانیه طول می کشند ناشی از چه منبعی هستند؟
- ۱۳ فوران های گامایی که بسیار کوتاهند ناشی از چه منبعی هستند؟
- ۱۴ تولید فوران گاما از طریق برخورد دو ستاره نوترونی را توضیح دهید.

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

مبحث بعدی: ماده تاریک



در جلسه بعد درباره مساله جرم گمشده در کیهان شناسی، و یا عبارتی ماده تاریک، صحبت خواهیم کرد. این موضوع یکی از بزرگترین مسائل حل نشده در فیزیک و نجوم به شمار می رود.



 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 خواجه‌جوی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۱۳۹۰

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

