

## شناسایی بلیزرها (۱) به مثابه منشاء پرتوهای کیهانی

اووه زیشرت  
برگردان: امید برومند

بلیزرها به مثابه منشاء پرتوهای کیهانی شناسایی شدند.

حل معمای صد ساله از طریق اخترشناسی بسواری (چند کاناله) (Multimessenger-Astronomy) (۲)؟  
به نظر می‌رسد چیزی که تا به حال حدس و گمان بوده، اکنون با پیشرفت فیزیک نوترینو تایید می‌شود: کهکشان‌هایی با سیاه‌چاله‌های بسیار کلان جرم در مرکزشان، شتاب‌دهنده‌ی غول‌پیکری برای ذرات اند. دلیل و مدرک در این مورد، نوترینویی است که ۴ میلیارد سال قبل سفر خود را از چنین بلیزری آغاز کرد و آن را در یخ‌های قطب جنوب به پایان رساند.

اووه زیشرت دکترای خود را در سال ۱۹۸۶ در دانشگاه هایدلبرگ دریافت کرد. او از سال ۱۹۸۹ به عنوان سردبیر علمی مشغول به کار است و از سال ۲۰۰۶ سردبیری هیئت تحریریه مجله ماهانه «ستارگان و کیهان» را به عهده دارد.



### خلاصه

- از زمان کشف پرتوهای کیهانی در صد سال پیش، دانشمندان در مورد منبع این ذرات با انرژی بالا در کیهان گمانه‌زنی می‌کنند.  
- نوترینوها به مثابه ذرات پیام‌آور، اطلاعاتی درباره منابع کیهانی ارائه می‌دهند، اما بسیار دشوار قابل اندازه‌گیری‌اند.  
- اینک به نظر می‌رسد که موفقیت حاصل شده است: برای اولین بار یک کهکشان فعال دوردست به مثابه منشأ یک نوترینو شناسایی شد.

در مرکز هسته‌ی فعال یک کهکشان، سیاه‌چاله‌ی بسیار کلان‌جرمی واقع است که جرم‌اش چند میلیارد برابر جرم خورشید بوده و ماده‌ی اطراف-اش را جذب می‌کند. پرتوهای به-شدت تمرکز یافته و تشکیل شده از ذرات پر انرژی، به شکل عمودی نسبت به قرص برافزایشی (۳) به فضا شلیک می‌شوند.

پرتوهای بانرژی بالا، که به‌طور عمده از هسته‌های دارای بار مثبت هیدروژن و هلیوم، یعنی از پروتون‌ها و ذرات آلفا تشکیل شده‌اند، از فاصله‌های بسیار دور فضا، اتمسفر زمین را پیوسته زیر ضربه گرفته‌اند. هسته‌ی عناصر سنگین‌تر و همچنین کوانت‌های گاما (Gammaquants) (فوتون‌های پر انرژی پرتوهای گاما. م) (۴) که در واقع امواج الکترومغناطیس‌اند و به‌خاطر طول موج بسیار کوتاه‌شان، تقریباً در تمام واکنش‌ها رفتار ذره مانند از خود نشان می‌دهند، سهم به مراتب کمتری دارند. در ارتفاعات بالای جو -در ارتفاع ۲۰ کیلومتری-

این پرتوهای اولیه کیهانی (۵) در برخورد با مولکول‌های هوا، موجب بارانی از ذرات ثانویه می‌شوند که در جو زمین به سمت پایین پخش شده و بخشی از آن به سطح زمین می‌رسد.

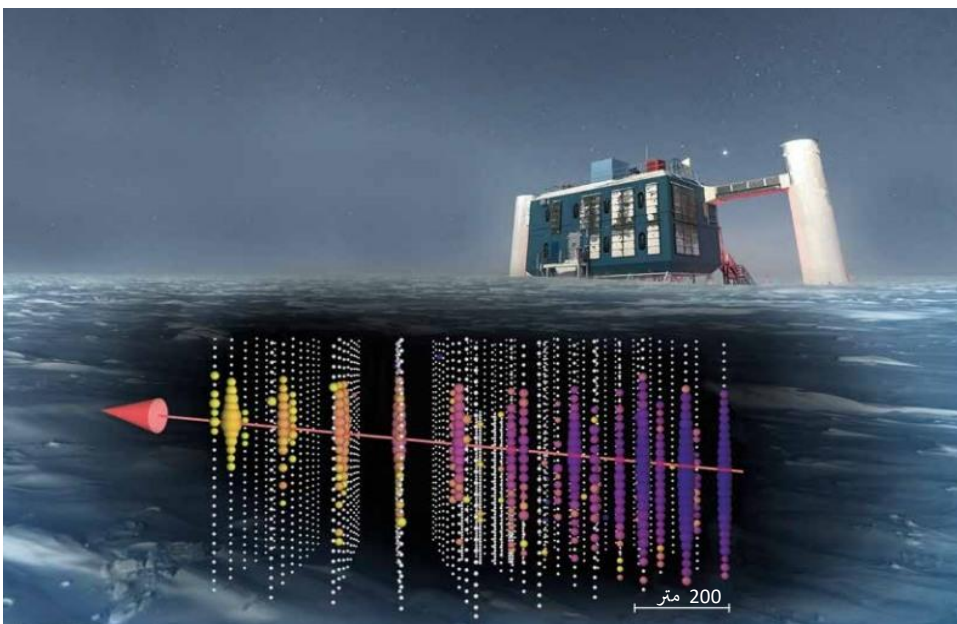
بعضی از ذرات نفوذکننده کیهانی، به دلیل ناشناخته‌ای انرژی بالایی دارند که هزاران بار بیش از انرژی ذراتی است که در شتاب‌دهندگان زمینی تولید می‌شوند. انرژی جنبشی یک ذره زیراتمی می‌تواند در موارد فوق‌العاده، به اندازه‌ای دست یابد که برابر با سرعتِ توپِ تنیسی است که با ضربه‌ی شدیدی پرتاب شده باشد.

طبیعت چگونه می‌تواند ذرات را به چنین انرژی‌های بالایی شتاب دهد؟ منبع این پرتابه‌ها در کجای جهان‌اند؟ این پرسش‌ها از زمان کشف پرتوهای کیهانی در صد سال پیش، جزو بزرگ‌ترین اسرار اخترشناسی به حساب می‌آیند. جدیدترین یافته‌ها از طریق مشاهدات، اولین پاسخ‌ها را ارائه می‌دهند.

### شتاب‌دهنده طبیعی ذرات

تنها منبع موثقی که تا کنون تولیدکننده بخشی از پرتوهای کیهانی بوده، خورشید است. بادهای خورشیدی که به مثابه جریانی از ذرات به ما می‌رسند، بر محدوده‌ی پرتوهای کیهانی کم‌انرژی تسلط دارند. به‌طور مشخص صحبت از انرژی‌هایی در حدود  $10^{10}$  الکترون‌ولت است. این مقدار زیاد به نظر می‌آید و واقعاً در مقیاس میکروسکوپی (ریز مقیاس) اندازه بزرگی است. زیرا در مقایسه با نور قابل مشاهده که انرژی‌اش در محدوده یک الکترون‌ولت است، یک ذره از بادهای خورشیدی بین میلیون‌ها تا ده میلیارد برابر نور قابل مشاهده انرژی دارد. در مقیاس ماکروسکوپی (کلان) این مقدار انرژی بدون شک خرد بوده و حدود یک هزارم انرژی بال زدن یک مگس است.

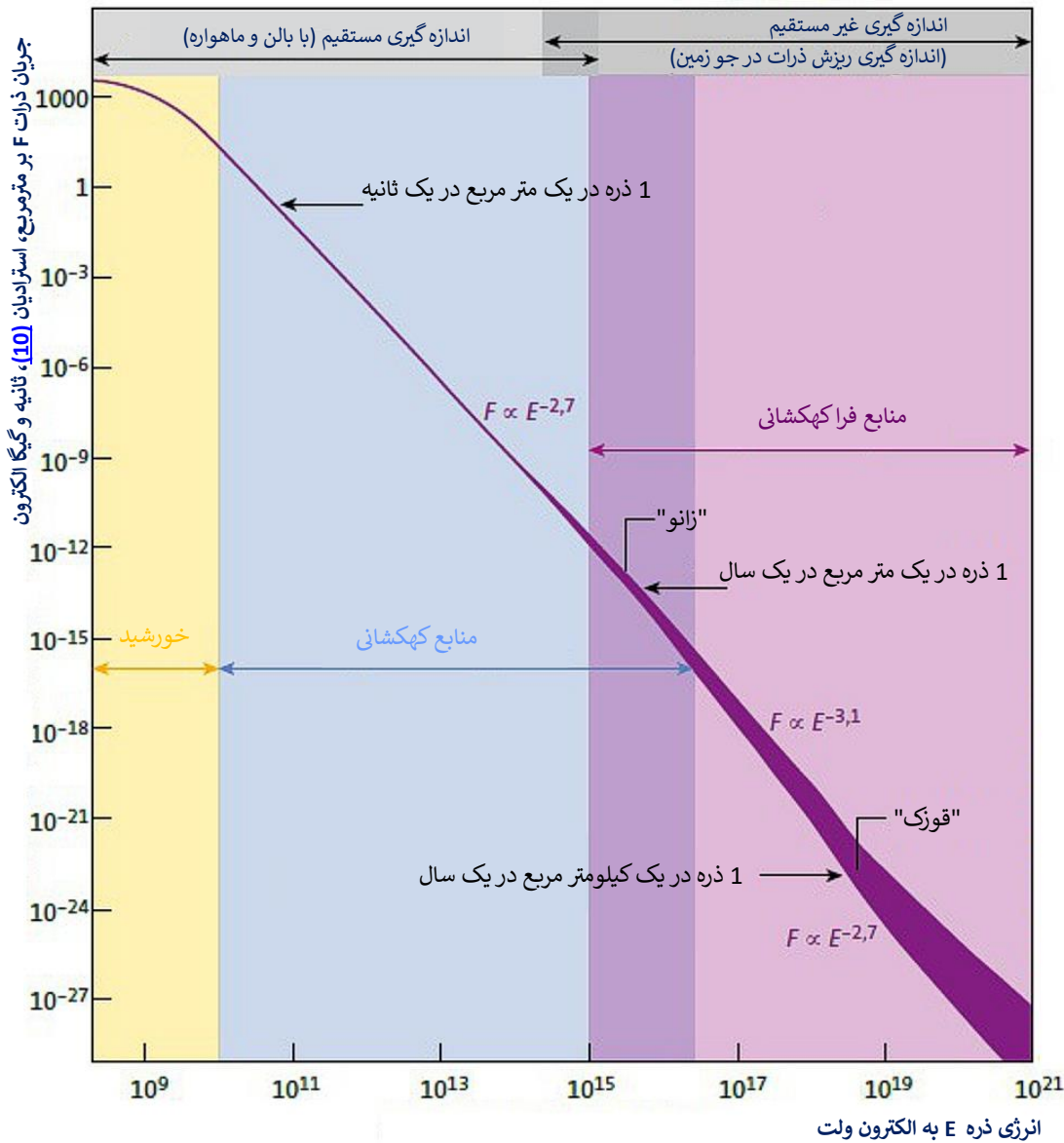
اما طیف انرژی پرتوهای کیهانی به اندازه چندین مرتبه بزرگی (6) بیشتر است و حتی تا انرژی‌هایی به اندازه  $10^{20}$  eV گسستگی نشان نمی‌دهد (نگاه شود به نمودار صفحه ۳). بزرگی این مقادارها و شکل طیف‌شان، نشان‌دهنده‌ی غیر حرارتی بودن منابع آنهاست. در جستجو برای پیدا کردن کاندیداهای احتمالی در کهکشان راه شیری، توجه ما به فرآیندهایی که در ارتباط با انفجار ستارگان یعنی ابرنواختر، تپ‌اختر (پالسار) (7) و یا ستاره‌های دوتایی پرتو ایکس (8) هستند، جلب می‌شود. به‌عنوان مثال، هنگامی که پوسته‌ی به‌اطراف پراکنده شده‌ی یک ستاره‌ی در حال انفجار به ماده‌ی میان‌ستاره‌ای برخورد کند، امواج کوبشی ایجاد می‌شوند. بر روی این امواج کوبشی که با سرعت فراصوت، ماده‌ی بین‌ستاره‌ای را شخم می‌زنند، ذرات باردار تا انرژی‌ای به اندازه  $10^{16}$  eV شتاب می‌یابند. هنوز ثابت نشده است که آیا سحابی خرننگ و سایر بقایای ابرهای نواختر دیگر در کهکشان ما واقعاً منابع پرتوهای کیهانی هستند یا نه.



#### آیس کیوب، تلسکوپ نوترینو

آیس کیوب در یخ‌های ابدی قطب جنوب نوترینوهای کیهانی را جستجو می‌کند، که می‌توانند اطلاعاتی در مورد خاستگاه پرتوهای کیهانی آشکار سازند. در مواردی نادر، نوترینو با یک هسته اتم در یخ واکنش انجام داده و رگباری از ذرات ایجادکننده آذرخش را موجب می‌شود. بیش از ۵۰۰۰ حس‌گر بسیار حساس که بر روی ۸۶ کیلومتر هوسر (9) آویزان بوده و در حجمی به اندازه ۱ کیلومتر مکعب پخش شده‌اند، این آذرخش را ثبت می‌کنند. در ۲۲ سپتامبر ۲۰۱۷، حس‌گرها علامت یک میونی را شناسایی کردند که در برابر واکنش یک نوترینوی انرژی بالا ایجاد شده و مسیر حرکت نوترینو را ادامه داده بود. جهت حرکت میون (با فلش نشان داده شده) را می‌توان با شدت اندازه گرفته شده هر حس‌گر (مشخص شده توسط بزرگی و رنگ کره‌ها) در زمان‌های مختلف (تغییر رنگ از بنفش به قرمز و قرمز به رنگ زرد که مدام واضح تر می‌شود) بازسازی کرد.

**ذرات پُر انرژی**



انرژی نور قابل مشاهده، در محدوده ۱ الکترون ولت (eV) است، در حالی که ذرات پرتوهای کیهانی به اندازه چندین مرتبه بزرگی (۶) انرژی بیشتری دارند. ذرات خورشیدی، در محدوده حداکثر جریان ذرات تا ۱.۰۸۹ eV تا 1GeV (یا 1 گیگا الکترون ولت)، جریان غالبی هستند. در انرژی‌های (E) بالاتر ذرات، جریان اندازه‌گیری شده‌ی ذرات یعنی F به شدت کاهش می‌یابد. این سیر طیف انرژی بر پایه قانون توان [ریاضی. م] تعریف می‌شود که حکایت و نشان از منابع غیر حرارتی دارد. احتمالاً منابعی از کهکشان راه شیری (با انرژی‌ای) تا حدود ۱.۰۸۱۶ eV (یا 1PeV) تا ۱ پتا الکترون ولت)، به جریان ذرات کمک می‌کنند. پرتوهای بالای این حد از انرژی، منشأ برون کهکشانی دارند. مقدار و اندازه‌های متفاوت در این نمودار باعث به وجود آمدن نقطه‌های گذاری در طیف انرژی می‌شوند که «قوزک» یا «زانو» نام دارند.

از آنجا که ذرات باردار توسط میدان مغناطیسی کهکشان ما منحرف می‌شوند، در میان راه هرگونه اطلاعات مربوط به خاستگاه خود را از دست می‌دهند. به این خاطر، جهت منشأ این ذراتی که به زمین می‌رسند کاملن نامشخص است و شناسایی شی‌ای کهکشانی به مثابه خاستگاه پرتوهای کیهانی، تا به امروزه امکان پذیر نبوده است.

برای پرتوهای ذرات کیهانی دارای بالاترین انرژی، باید حتی در جستجوی خاستگاهی در خارج از کهکشان راه شیری بود. اما کدام یک از منابع برون کهکشانی دارای شرایط مناسب‌اند؟

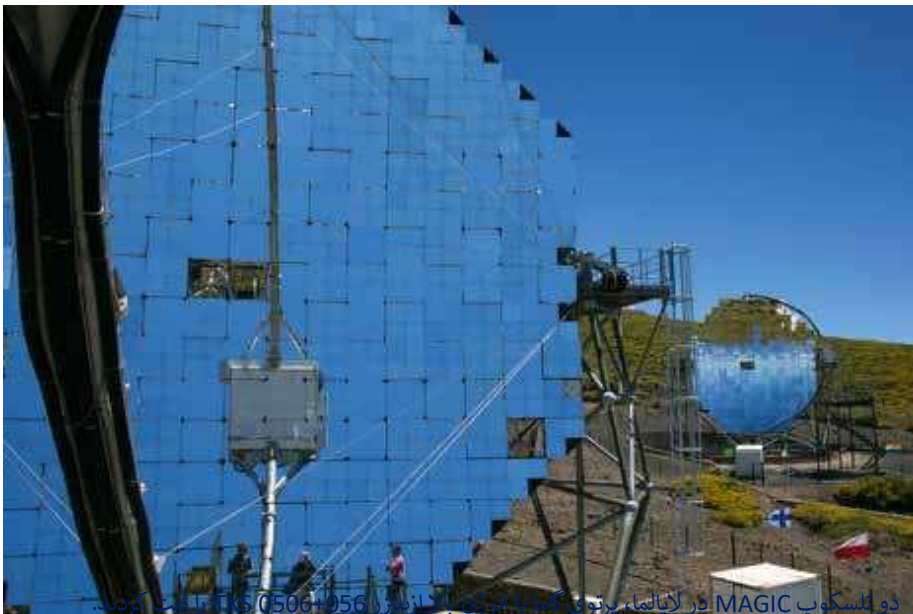
فرآیندهایی که در مجاورت مستقیم سیاه‌چاله‌های با جرم بسیار کلان اتفاق می‌افتند جزو پر انرژی‌ترین فرآیندهای قابل تصورند. این فرآیندها، کهکشان‌هایی با هسته‌ای فعال (AGN - active galactic nucleus) (۱۱) را موجب می‌شوند که به مثابه نامزدهای احتمالی برای پرتوهای ذرات کیهانی‌اند. سیاه‌چاله‌هایی با جرمی به اندازه‌ی میلیون‌ها تا چند میلیارد برابر جرم خورشید، ماده فرو ریزنده در خود را با گرانش و میدان‌های مغناطیسی خویش بلعیده و بخشی از این ماده را شدیداً شتاب بخشیده و به شکل پرتوهای نسبیتی (۱۲) ماده، با سرعت نور به بیرون پرتاب می‌کنند. (نگاه شود به شکل صفحه ۱) چنین جت (فواره)‌هایی با داشتن دارازایی به اندازه چند صد هزار سال نوری، بزرگ‌تر از قطر کهکشان راه شیری هستند. این جت‌ها با برخورد به ابرهای گاز، دیواره‌هایی از امواج کوبشی ایجاد می‌کنند که به ذرات باردار را به بالاترین

سطح انرژی، سرعت می‌بخشند.

این تا کنون توضیحی نظری بود، زیرا هر چند که هسته‌ی فعال کهکشان‌ها با نور شدیدشان در بخش‌های متفاوت طیف الکترومغناطیس (بطور نمونه در نور قابل مشاهده، در امواج رادیویی و در محدوده‌ی اشعه ایکس)، توجه اخترشناسان را به خود جلب کردند، اما تا همین چندی پیش، یافتن ارتباط تابش ذرات کیهانی با هسته‌ی فعال کهکشان‌ها امکان‌پذیر نبود.

### نوترینو به مثابه پیام‌آور

نوترینوی با انرژی بالای که در سپتامبر ۲۰۱۷ به دام پژوهش‌گران افتاد، نخستین مدرکی است که نشان می‌دهد، هسته‌های فعال کهکشان‌ها واقع منبع پرتوهای کیهانی‌اند. دام گسترده شده برای این هدف، آشکارساز عظیم نوترینوی آیس کیوب در یخ‌های قطب جنوب است که یخ را به مثابه حجم اندازه‌گیری شونده مورد استفاده قرار می‌دهد (نگاه شود به شکل صفحه ۲). با در نظرگیری مشاهدات رصدخانه‌های دیگر در محدوده‌ی طول موج‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی، منشأ این نوترینو مشخص شد: کهکشانی در فاصله ۴ میلیارد سال نوری، در صورت فلکی اوریون با یک سیاه‌چاله فعال در مرکزش.



بدین وسیله برای اولین بار این توفیق به دست آمد که یک جسم غیر ستاره‌ای به عنوان منبع نوترینوها شناسایی شود. تا آن زمان، تنها خورشید و یک ستاره در حال انفجار-ابر نواختر A۱۹۸۷ در ابر ماژلان بزرگ- به مثابه منابع نوترینوی (کم انرژی) شناخته شده بودند (نگاه شود به «نقاط عطف فیزیک نوترینو»). اکنون یافته‌ی جدیدی که تنها با تلاش مشترک گروه‌های گوناگون پژوهشی امکان‌پذیر شده، ساز و کار (مکانیسم) ایجاد پرتوهای کیهانی و فرآیندهای بسیار پویا در اطراف سیاه‌چاله‌های بسیار کلان جرم را تا حدودی روشن می‌کند.

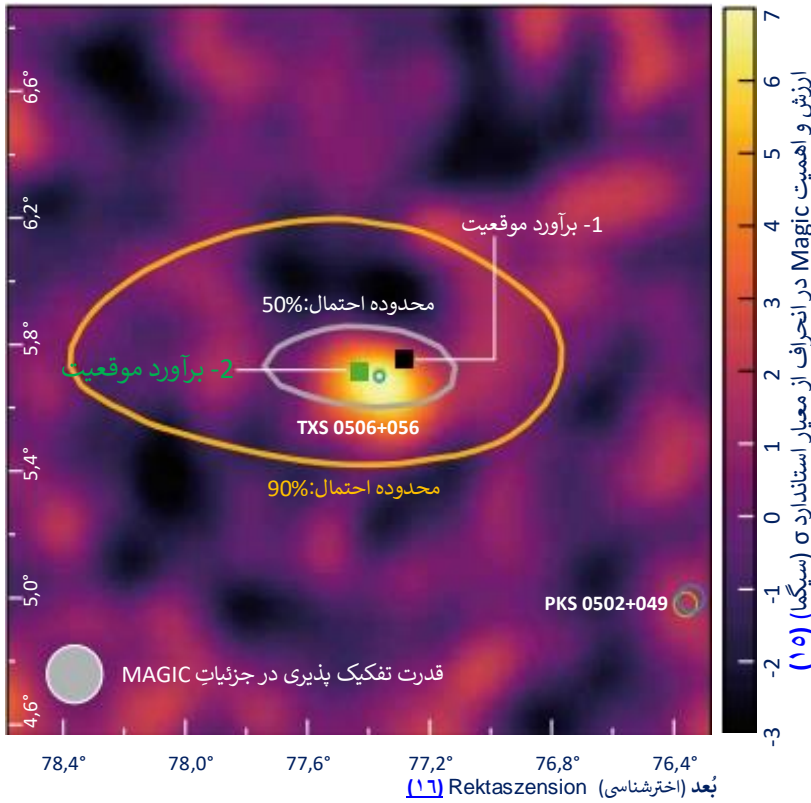
اما نوترینوها چه ربطی به تابش کیهانی دارند؟ پژوهش‌گران چگونه می‌توانند از روی یک عدد از این ذرات شبح‌وار که عملن جرمی ندارند و اصولن بدون تأثیر از ماده و میدان‌های مغناطیسی با سرعت نور در جهان در پروازند، منبع ذره را مشخص کنند؟

نوترینوها ذرات اولیه‌ی به لحاظ الکتریکی خنثی‌ای هستند که در انواع واکنش‌های هسته‌ای به وجود می‌آیند:

- در درون زمین با فروپاشی عناصر رادیو اکتیو،
  - در رآکتورهای هسته‌ای از طریق فروپاشی مواد حاصل از شکافت هسته‌ای،
  - در جو زمین، بر اثر اصابت پرتوهای کیهانی بر مولکول‌های هوا،
  - در خورشید و ستارگان دیگر بر اثر همجوشی هسته‌ای اتم‌ها،
  - در منابع دور افتاده‌ی کیهانی، که در آنها واکنش‌هایی بین ذرات انجام می‌یابند، همانند ابرهای نواختر و کهکشان‌هایی با هسته‌ی فعال.
- نوترینوها به خاطر وزن فوق‌العاده کم‌شان، عملن با سرعت نور حرکت می‌کنند. اما برخلاف نور که توسط ماده جذب و یا پراکنده می‌شود، نوترینوها فقط از طریق فرآیندهای برهمکنش ضعیف (۱۳)، با ماده واکنش انجام می‌دهند. به همین دلیل نوترینوها کاملن بدون مانع، مسافت‌های طولانی‌ای را در فضا طی می‌کنند.

**بلیزرها به مثابه خاستگاه پرتوهای گاما**

بلیزر TXS 0506+056، در این جا در مرکز یک برش از آسمان به بزرگی 5 درجه مربع (۱۴)، به احتمال زیاد خاستگاه نوترینوی IceCube-170922A، ثبت شده توسط آیس کیوب است. محل خاستگاه، به صورت خودکار و بی درنگ پس از اندازه گیری برآورد شده (مربع سیاه)، و برآورد دقیق تر شده این مکان پس از گذشت ۴ ساعت (مربع سبز)، در تصویر مشاهده می شوند. خاستگاه مورد جستجو باید با احتمال ۵۰ درصد در درون بیضی خاکستری و با احتمال ۹۰ درصد در محوطه درونی محدود شده با خط زرد رنگ واقع شده باشد. دو تلسکوپ MAGIC این منطقه را مورد بررسی قرار داده و در محل بلیزر، پرتوهای گامای پر اهمیتی (زرد رنگ) را کشف کردند. یک منبع دیگری از پرتوهای گاما که در کاتالوگ های مختلف ثبت شده است در لبه ی راست نقشه قرار دارد.



**نقاط عطف فیزیک نوترینو**

۱۹۳۰: فیزیک دان ولفگانگ پائولی (۱۹۵۸ - ۱۹۰۰)، وجود ذره ای ناشناخته و به لحاظ الکتریکی خنثی ای را فرض می کند تا اصل پایداری انرژی (۱۹) ظاهراً نقض شده به هنگام فروپاشی بتا (۲۰) در عناصر رادیوآکتیو را نجات دهد.

۱۹۵۶: گروه پژوهشی فیزیک دانان آمریکایی، کلاید کوان (۱۹۷۷-۱۹۱۹) و فردریک رینس (۱۹۹۸-۱۹۱۸)، با پروژه «روح خبیث» (Poltergeist) موفق به اثبات وجود نوترینو شدند: آنها با قراردادن مخزن هایی با تجهیزات اندازه گیری در کنار یک رآکتور هسته ای و پس از ماه ها اندازه گیری، توانستند نشان دهند که از طریق واکنش نوترینوها (در این مورد، الکترون - آنتی نوترینوها) با پروتون ها، همیشه یک نوترون و یک پوزیترون ایجاد می شوند. فردریک رینس برای این کشف در سال ۱۹۹۵ جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد.

۱۹۶۲: جک استاین برگر، ملوین شورتز (۲۰۰۶ - ۱۹۳۲) و لئون لیدرمن در آزمایش هایی با اولین پرتوی نوترینوی تولید شده در یک شتاب دهنده، نوع دومی از نوترینو یعنی میون - نوترینو را کشف کردند. ۳ پژوهش گر برای این کشف در سال ۱۹۸۸ جایزه نوبل فیزیک دریافت کردند.

۱۹۷۰: ریموند دیویس جونیور (۲۰۰۶ - ۱۹۱۴) با یک آشکارساز نوترینو در معدن هوم استیک، از سال ۱۹۷۰ الکترون - نوترینوهای ایجاد شده در درون خورشید را به اثبات رساند.

۱۹۸۷: نوترینوهای ابر نواختر A1۹۸۷ واقع شده در فاصله ۱۶۰۰۰ سال نوری، با آشکارساز کامیوکاندی - II به اثبات رسیدند. سازنده این آشکارگر، ماساتوشی کوشیبا همراه با ریموند دیویس در سال ۲۰۰۲ جایزه نوبل فیزیک دریافت کردند.

۱۹۸۷ / ۲۰۰۱: کارهای تاکاکی کاجیتای ژاپنی بر روی آشکار کننده سوپر کامیوکاندی و آرتور مک دونالد کانادایی بر رصدخانه نوترینو سادبری منجر به کشف نوسانات نوترینو (۲۱) شدند: ۳ نوع متفاوت نوترینو ( الکترون ، میون و نوترینوی تاو) می توانند به یکدیگر تبدیل شوند. از این نتیجه گیری می شود که نوترینوها، جرمی کم و تا به امروز نامعلومی دارند. تاکاکی کاجیتا و آرتور مک دونالد در سال ۲۰۱۵ برنده جایزه نوبل در فیزیک شدند.

۲۰۰۰: در آزمایش های شتاب دهنده، نوع سوم نوترینو، نوترینوهای تاو به اثبات رسیدند.

۲۰۱۳: در آشکارگر آیس کیوب در قطب جنوب، اولین نوترینوهای انرژی بالا با منشأ کیهانی کشف شدند.

۲۰۱۸: برای اولین بار منبع یک نوترینوی ثبت شده در آیس کیوب با موفقیت شناسایی شد: TXS 0506+056. بلیزری که در فاصله ی ۴ میلیارد سال نوری واقع است. بدین وسیله اولین منبع پرتوهای کیهانی کشف شد.

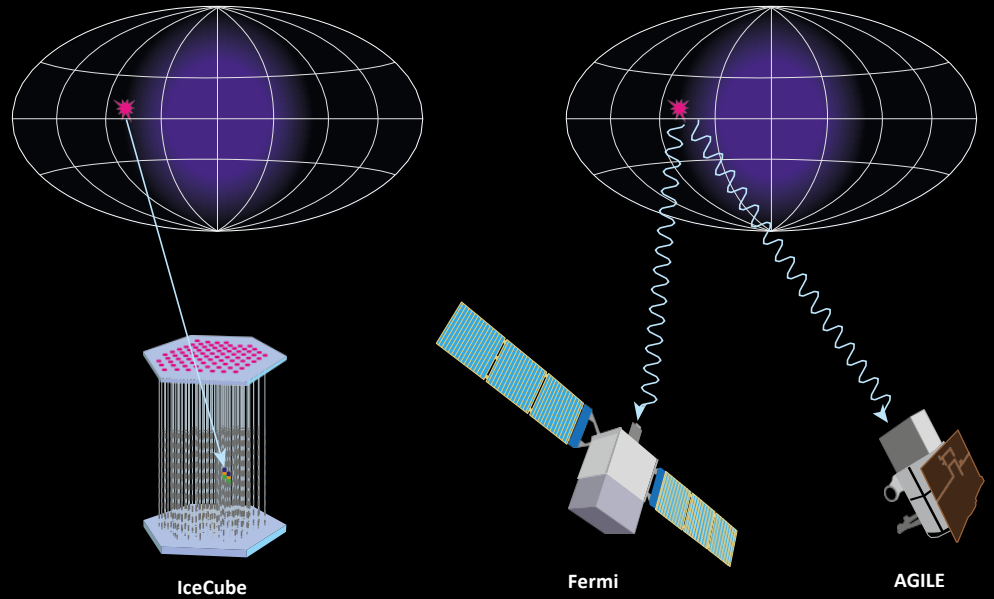
حتی در محیطی از آهن فشرده، نوترینوها بطور متوسط پس از گذشت مسیری به اندازه چندین سال نوری، از طریق واکنش با یک هسته اتم متوقف خواهند شد.

خواص نوترینوها، در عمل آنها را به پیام‌رسان ایده‌آلی تبدیل می‌کند که اطلاعاتی درباره‌ی خاستگاه پرتوهای کیهانی و در مورد فرایندهای جاری در خاستگاه این پرتوها ارائه می‌دهند: نوترینوها با برهم‌کنش پروتون‌ها با ماده ایجاد شده و از نقطه‌ی پیدایش با سرعت نور در مسیری مستقیم، کاملن بدون تأثیرپذیری از میدان‌های مغناطیسی و اجسام مادی در سر راهشان، پخش می‌شوند. اما توانایی بالای نوترون‌ها در رسوخ، چالشی در اثبات تجربی آنها است - چگونه می‌توان ذره‌ای را ردیابی کرد، که عملن نسبت به ابزارهای اندازه‌گیری پژوهش‌گران واکنشی انجام نمی‌دهد؟

### آیس کیوب 170922A و بلیزر: مشاهدات هماهنگ شده

22.09.2017، زمان 20:54:30 به وقت ساعت هماهنگ جهانی (UTC):  
 آشکارگر آیس کیوب یک نوترینو انرژی بالا (آیس کیوب 170922A) را به ثبت می‌رساند. بعد از یک ارزیابی خودکار، 43 ثانیه بعد پیامی با اولین برآورد در رابطه با انرژی و جهت منشأ در اینترنت انتشار می‌یابد. ۴ ساعت بعد تجزیه و تحلیل دقیقتری انجام می‌یابد.

28.09.2017 : اطلاعات تلسکوپ Large Area Telescope نصب شده بر روی تلسکوپ فضایی فرمی (۲۲) نشان‌دهنده یکسان بودن مکان خاستگاه آیس کیوب 170922A با منبع آشنای پرتوهای گاما TXS 0506+056 بوده که هم اکنون فعالیتش افزایش یافته است. تلسکوپ فضایی AGILE، شدت افزایش یافته‌ی پرتوهای گاما را تأیید می‌کند.



یک نوترینوی ثبت شده در آشکارگر آیس کیوب تحت نام آیس کیوب 170922A به تاریخ پیوست. این شماره نشان‌دهنده تاریخ کشف است.

انرژی نوترینو حدود ۲۹۰ تراالکترون ولت ( $2,9 \cdot 10^{14}$  eV) بود و جهت منشأ اش به سمت منبع شناخته شده پرتوهای گاما تحت نام بلیزر TXS 0506+056 در صورت فلکی اوریون اشاره داشت. با نگاه از آیس کیوب، منبع نوترینو، ۶ درجه زیر خط افق را نشان می‌داد، به این معنی که نوترینو به صورت مایل و از سمت پایین به آشکارساز وارد شد.

مشاهدات انجام‌یافته بعدی بر روی بلیزر در محدوده‌ی همه طول موج‌های طیف الکترومغناطیسی، در وهله‌ی اول تأییدی برای نوسانات بلیزر بودند. ابتدا با تأیید تلسکوپ MAGIC در رابطه با انتشار پرتوهای گامای با انرژی بالا از این بلیزر در مدت زمان مربوطه بود که مدرک محکمی برای انتشار آیس کیوب 170922A از این بلیزر بدست آمد.

### آشکارساز آیس کیوب

با ساخت آشکارساز آیس کیوب، شماری از دانشمندان این چالش را پذیرفتند. با همکاری بین‌المللی، - با ۴۹ موسسه پژوهشی شرکت‌کننده، از جمله آلمان- بزرگ‌ترین آشکارساز نوترینوی جهان در یخ‌های قطب جنوب ایجاد شد و از سال ۲۰۱۱ کاملن قابل کاربرد است. وظیفه اصلی آیس کیوب ثبت نوترینوهای کیهانی در محدوده‌ی گسترده‌ی انرژی از  $10^{11}$  تا  $10^{21}$  الکترون ولت است. تجهیزات آیس کیوب برای اثبات میون‌های ایجادشونده توسط نوترینوهای انرژی بالا، بهینه‌سازی شده‌اند. این نوترینوهای انرژی بالا به‌نوبه خود از منابع نقطه‌ای کیهانی سرچشمه می‌گیرند، و آیس کیوب در عمل مانند تلسکوپ برای این نوترینوهاست چرا که جهت خاستگاه آنها را بسیار دقیق

می‌توان شناسایی کرد. طراحان آیس کیوب از همان ابتدا امیدوار بودند که منابع تک و جداگانه کیهانی از نوترینوهای انرژی بالا را شناسایی کنند.

آیس کیوب در مجاورت مستقیم ایستگاه قطب جنوب، آموندتسن اسکات واقع شده است. بر روی زمین تنها یک ساختمان دیده می‌شود. تجهیزات اندازه‌گیری در عمق زمین، واقع‌اند: در حجم مکعب شکلی به اندازه‌ی یک کیلومتر مکعب، در درون یخ، ۵۱۶۰ گوی شیشه‌ای با حس‌گرهای نوری بسیار حساس گنجانده شده‌اند - این گوی‌ها به صورت یک نواخت بر روی ۸۶ رشته کابل در عمقی بین ۱۴۵۰ و ۲۴۵۰ متر زیر زمین جای داده شده‌اند. به علت فشار موجود در این عمق، یخ بدون حباب و در نتیجه بسیار شفاف است که برای اصل اندازه‌گیری اهمیت بسیاری دارد. چون حس‌گرها باید جرقه‌های ضعیف نور ایجاد شوند به هنگام واکنش‌های بسیار نادر نوترینوها را ثبت کنند.

در صورت واکنش یک نوترینوی انرژی بالا با یک هسته‌ی اتم یخ در محیط آشکارساز، از جمله یک ذره‌ی باردار (بسته به نوع نوترینو یک الکترون، میون و یک لپتون تاو) ایجاد می‌شود که در جهت نوترینوی آغازین به پرواز خود ادامه می‌دهد و باعث پدیده‌ی نور آبی‌ای می‌گردد که نور چرنکوف (۲۳) نام دارد. این پدیده، مشابه نوری صدای انفجار به‌هنگام شکستن دیوار صوتی توسط یک هواپیما است - این پدیده هنگامی اتفاق می‌افتد که ذره، با سرعتی بالاتر از سرعت نور در یخ (۲۴)، از یخ عبور کند. اگر مسیر پرواز ذره از میان حجم آشکارساز آیس کیوب بگذرد، از روی جریان زمانی و مکانی و همچنین از روی الگوی شدت ثبت شده‌ی سیگنال‌های نوری، می‌توان جهت خاستگاه و انرژی ذره و همچنین نوترینوی عمل‌کننده در این روند را مشخص کرد (شکل صفحه ۲).

این روش به ویژه برای میون‌ها دقیق است. میون یک خویشاوند سنگین الکترون است. هر دوی آن‌ها بار یکسان دارند، اما جرم میون حدود ۲۰۰ برابر بیش از جرم الکترون است. میون‌ها به جهت این تفاوت در جرم، به‌هنگام عبور از آشکارساز، در جریان برخوردها نسبت به الکترون‌ها به مراتب کمتر منحرف شده و مخروط نور چرنکوف تولیدشده‌ی آن‌ها بسیار باریک است - مسیر پروازشان به طرز بسیار دقیقی

20.2.2018

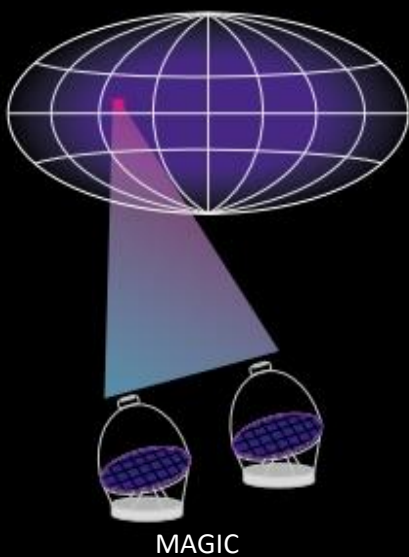
تحقیقات در زمینه طیف سنجی (26) با تلسکوپ ۱۰ متری تلسکوپ بزرگ قناری برای منبع TXS 0506+056 ، انتقال به سرخی به اندازه  $z = 0,336$  نتیجه می‌دهند. این برابر با مسافتی حدود ۴ میلیارد سال نوری است.

از تاریخ 28.9.2017

تصویرهای ثبت شده از چند تلسکوپ نشان دهنده افزایش روشنایی بصری بلیزر، به اندازه 0.5 قدر ظاهری (25)، در مقایسه با میانگین سال‌های متمادی‌اند. هنوز در مشخص کردن انتقال به سرخ بلیزر، موفقیتی حاصل نشده است.

از تاریخ 28.9.2017

مشاهدات شبانه در چندین شب با هر دو تلسکوپ چرنکوف و جیک در ل پالما نشان دهنده این نکته‌اند که انرژی تابشی بلیزر TXS 0506+056 حداقل تا 400 گیگا الکترون می‌رسد. این شئ در گذشته به‌عنوان منبعی در این محدوده انرژی، ناشناخته بود.



نشان‌دهنده‌ی جهت ورود نوترینو می‌باشد.

آیس کیوب از زمان راه‌اندازی‌اش تا کنون تعداد زیادی نوترینو را اندازه‌گیری کرده است. اما منشاء اکثر آن‌ها در جو زمین است: آن‌ها هنگامی به وجود می‌آیند که ذرات پرتوهای کیهانی در جو زمین، ذرات ثانویه ایجاد می‌کنند. اگر چه این بخش از نوترینوها حوزه پژوهشی مربوط به خود را تشکیل می‌دهد، اما در جستجو در پی خاستگاه‌های پرتوهای کیهانی بیشتر ایجاد اختلال می‌کند. چون پژوهش‌گران آیس کیوب به هنگام تحلیل دقیق یک رویداد معین مجبور به روشن کردن این نکته‌اند، که آیا این رویداد را به نوترینوهای جو زمین باید نسبت داد یا به نوترینوهای کیهانی؟

تنها به تدریج در طی سال‌ها شواهدی جمع شدند که نشان‌دهنده‌ی وجود مازادی از نوترینوی انرژی بالا در داده‌ها و اطلاعاتی بودند که باید منشأ کیهانی می‌داشتند. اما آن‌ها در حقیقت در قسمت‌های کاملن مختلف آسمان مشاهده می‌شدند - جهتی که الویت داشته و نشانی از یک منبع نقطه‌ای بدهد قابل تشخیص نبود. با این حال در مجله علمی "ساینس" با همکاری آیس کیوب در نوامبر ۲۰۱۳ تحلیل منتشر شد که ۲۸ نوترینوی کیهانی با انرژی‌هایی بین ۳۹ ترا (10<sup>12</sup>) تا 1.14 پتا (10<sup>15</sup>) الکترون ولت را تشریح کرد.

### اثباتی که مدتی طولانی انتظارش می‌رفت

هنگامی که آیس کیوب در ۲۲ سپتامبر ۲۰۱۷ رد یک میون را ثبت کرد، همه چیز بر طبق روال معمول و عادی جریان داشت. حس‌گرهای نوری موجود در عمق یخ، سیگنال‌های دیجیتالی خود را به ایستگاه پایه فرستادند و رایانه‌ها، انرژی و جهت منشأ نوترینوی عمل‌کننده و همچنین مکان احتمالی منبع آن در آسمان را محاسبه کردند. این رویداد (که بر حسب تاریخ آن IceCube-170922A نامیده شد) به‌خودی خود بر اهمیت ارزش‌یابی شد و پس از ۳ ثانیه از زمان اتفاق آن، داده‌های اولیه‌اش در یک سیستم هشداردهنده قابل دسترسی برای عموم، انتشار یافت. با گذشت ۴ ساعت، پس از تجزیه و تحلیل دقیق‌تر، داده‌ها با دسته‌بندی بهتری عرضه شدند. (به عکس صفحه قبل نگاه شود).

در صورت وقوع رویدادهای غیر منتظره، هدف چنین سیستم‌های هشداردهنده‌ی راه‌اندازی مشاهدات هم‌زمان با تمام روش‌های اندازه‌گیری ممکن است. چنین سیستم‌هایی که رصدخانه‌های سراسر جهان را بی‌درنگ با خبر می‌سازند یک پیش‌شرط ضروری برای اخترشناسی بسواری (چند کاناله) هستند (نگاه شود به اخترشناسی بسواری در صفحه بعد).

همکاران ما در آشکارساز آنتارس، خبر آیس کیوب را فرصتی برای ارزیابی جدید داده‌های‌شان در مدت زمان مربوطه یافتند. آنتارس که در عمق ۲۵۰۰ متری دریای مدیترانه در نزدیکی سواحل فرانسه بهره‌برداری می‌شود، برای منابع نقطه‌ای در منطقه‌ی مورد نظر در آسمان، حدود ۱۰ برابر حساسیت کمتری نسبت به آیس کیوب دارد. بنابراین شگفت آور نیست که در داده‌های آنتارس هیچ نشانه‌ای از نوترینوهای کیهانی پیدا نشدند. بدین ترتیب IceCube-170922A به مثابه تنها نوترینوی مشکوک باقی ماند و انرژی‌اش به اندازه ۲۹۰ ترا الکترون ولت محاسبه شد. این مقدار انرژی به تنهایی برای اطمینان از منشأ کیهانی بودن این نوترینو کافی نبود - زیرا بعضی از نوترینوهای هم که در جو زمین به وجود می‌آیند، دارای چنین انرژی‌هایی هستند. نتیجه یک تجزیه و تحلیل دقیق با احتمال ۵۷٪، یک خاستگاه کیهانی برای این نوترینو بود. طبق معیارهای علمی، چنین اندازه‌ای برای سخن گفتن از یک کشف کافی نیست. برای روشن شدن بیشتر خاستگاه، باید مشاهدات بیشتری در این زمینه انجام شوند.

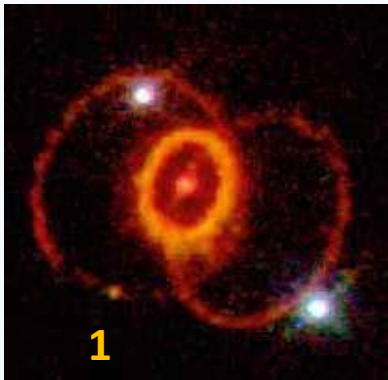
در ۲۸ سپتامبر ۲۰۱۷، اداره‌کنندگان تلسکوپ مساحت بزرگ (Large Area Telescope (LAT)) که بر روی تلسکوپ فضایی فرمی نصب شده است، در گزارشی جهت خاستگاه نوترینوی IceCube-170922A را با مکان منبع شناخته شده پرتوهای گاما یعنی TXS 0506+056 یکسان اعلام کردند. تلسکوپ مساحت بزرگ همیشه یک پنجم کل آسمان را زیر نظر دارد و منابعی از پرتوهای گاما در محدوده انرژی بین ۲۰ مگا - تا ۳۰۰ گیگا الکترون ولت (2x10<sup>7</sup> تا 3x10<sup>11</sup> eV) را جستجو می‌کند. این تلسکوپ هر ۳ ساعت یک بار تمام آسمان را پوشش می‌دهد. اطلاعات بلندمدت، نشان‌دهنده‌ی فعالیت افزایش یافته منبع TXS 0506+056 از آوریل ۲۰۱۷ بوده و نشان‌دهنده شدیدترین فوران پرتوهای گاما از زمان شروع اندازه‌گیری‌های تلسکوپ مساحت بزرگ در سال ۲۰۰۸ بود. تلسکوپ پرتوی گاما آجایل (AGILE)، تابش گامای شدت یافته را تایید کرد.

آیا بدین وسیله به سوال در مورد نسبت دادن نوترینو IceCube-170922A به یک منبع فیزیکی اخترشناسی جواب داده شده است؟ خیر. زیرا انطباق مکان خاستگاه (خاستگاه نوترینو م.) و منبع پرتوهای گاما - که اکنون صرفن از نظر آماری شناخته شده- هنوز قانع کننده نیست.

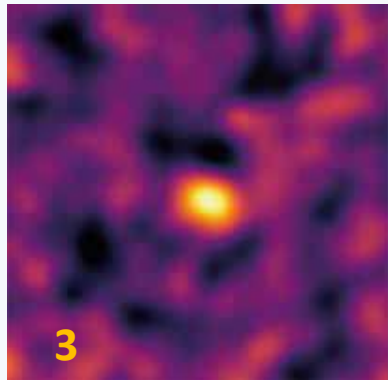
### اخترشناسی بسواره (چند کاناله) (2)

اجسام اسمانی که به علت فاصله بسیار زیادشان از ما با یک کاوشگر فضایی قابل پژوهش نیستند، تنها از طریق تابش موجی و ذره‌ای دریافت شده از آنها مورد بررسی قرار می‌گیرند. قرن‌ها بود که نور قابل مشاهده (به‌مثابه بخش کوچکی از طیف الکترومغناطیسی) تنها حامل اطلاعات بود که می‌توانست مورد ارزیابی واقع شود. در دهه‌های اخیر، اخترشناسان با فناوری‌های مشاهده‌گر خود نه تنها تمام محدوده طیف الکترومغناطیسی را تحت پوشش قرار داده‌اند (از امواج رادیویی موج بلند گرفته تا اشعه گاما با طول موج بسیار کوتاه)، بلکه حاملان جدید اطلاعات نیز به آن اضافه شده‌اند: اشعه کیهانی، نوترینوها و امواج گرانشی.

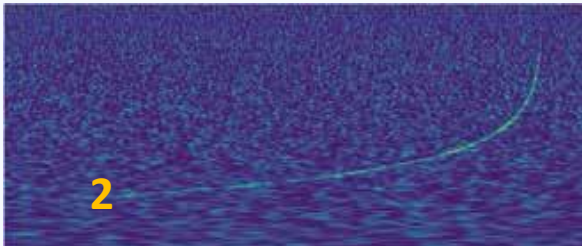
برای مشاهده هم‌زمان و ارزیابی هماهنگ شده‌ی سیگنال‌های مختلف فیزیکی یک شیء نجومی، مفهوم ستاره‌شناسی چند کاناله رواج پیدا کرد. این چهار نوع سیگنال توسط یک شیء آسمانی و یا در نزدیکی آن از طریق فرآیندهای مختلف فیزیکی اخترشناسی ایجاد شده و از این رو اطلاعات مختلف و تکمیل‌گر یکدیگر در مورد شیء به‌دست می‌دهند. حتی فقدان یکی از این سیگنال‌ها نیز می‌تواند روشن‌گر و سودمند باشد.



23.2.1987 - در ابر ماژلان بزرگ، ابر نواختر 1987A شروع به درخشش می‌کند. علاوه بر سیگنال‌های الکترومغناطیس حاصل از انفجار ستاره، در چند حسگر 24 نوترینوی کم انرژی ثبت می‌شوند. این اولین اثبات وجود نوترینوهایی بود که به‌طور واضح، منبعی خارج از منظومه شمسی داشتند.



22.9.2017 - پس از اثبات و تایید یک نوترینوی دارای انرژی بالا در آشکارساز آیس کیوب، تلسکوپ‌های گاما و اشعه ایکس موفق به شناسایی منبع نوترینو شدند: یک بلیزر (شیء بی‌ال لاجرتای) (29)، یک کهکشان دور با یک سیاه-چاله فعال در مرکز است که جهت یکی از جت (فواره)های منتشر شده از آن به سمت زمین نشانه دارد. بدین ترتیب این اولین بار بود که یک منبع نوترینو کیهانی کشف شد.



17.8.2017 - دو ستاره نوترونی در یک دیگر ادغام شده و یک سیاه‌چاله تشکیل می‌دهند. منبع سیگنال که با کمک سیگنال موج گرانشی کشف شد، توسط مشاهدات بعدی در چندین محدوده طیف الکترومغناطیسی شناسایی شد. اما نوترینویی ثبت نشد. مشاهدات چند کاناله نشان می‌دهند که برخورد ستاره‌های نوترونی منجر به فوران پرتوهای گاما (27) شده و بخش بزرگی از عناصر شیمیایی سنگین در جهان را تولید می‌کنند.

### چهار حامل مختلف اطلاعات

#### نوترینوها

نوترینوها به لحاظ الکتریکی خنثی، پایدار و تقریباً بدون جرم بوده و با سرعت نور حرکت می‌کنند و تنها از طریق نیروی ضعیف (13) با ماده برهم‌کنش دارند. آن‌ها به راحتی در چگال (فشرده) ترین انباشتگی ماده نفوذ کرده و در میدان‌های مغناطیسی منحرف نمی‌شوند. جهت خاستگاه‌شان مستقیم به منبع نشانه دارد. با آن‌ها می‌توان به راحتی درون منابع انرژی فیزیکی اخترشناسی را مشاهده کرد.

#### امواج الکترومغناطیس

فوتون‌ها در تمام طول موج‌ها، با سرعت نور پخش می‌شوند و اشاره مستقیم به منبع خود دارند و تنها اطلاعاتی در مورد سطح خارجی آن به دست می‌دهند. آن‌ها بسته به طول موج‌شان، با جذب شدن در ماده ضعیف می‌شوند. علاوه بر این، تابش پر انرژی گاما از اشیاء دور، با برهم‌کنش با فوتون‌های تابش پس‌زمینه کیهانی، جذب می‌شود.

#### تابش کیهانی

تابش کیهانی، از ذرات بارداری (غالبن فوتون) تشکیل شده است که حرکت‌شان توسط میدان‌های مغناطیسی منحرف شده و جهت ورودشان، اشاره‌ای به خاستگاه‌شان ندارد. این پر انرژی‌ترین ذرات نمی‌توانند در کهکشان راه شیری ایجاد شده باشند و از سوی دیگر منبع ایجاد آن‌ها نمی‌تواند در فاصله‌ای بیش از 50 میلیون سال نوری واقع باشد، چون که در غیر این صورت، این ذرات باید در برهم‌کنش با تابش پس‌زمینه کیهانی، دوباره به شدت آهسته و کند شده باشند. تحت شرایط نسبیته، که شامل این ذرات عجیب غریب کیهانی اعمال می‌شوند، برخورد با یک فوتون تابش پس‌زمینه، باعث از دست رفتن بخش بزرگی از انرژی این تابش کیهانی می‌شود.

#### امواج گرانشی

این نوسانات فضا-زمان از طریق شتاب جرم‌ها پدید می‌آیند و بدون مانع با سرعت نور گسترش می‌یابند. تنها پر انرژی‌ترین منابع در جهان، به‌طور نمونه ابرهای نواختر، سیستم‌های دوتایی (28) تَنگ هم از ستاره‌های نوترونی و یا سیاه‌چاله‌های فضایی و نیز ادغام چنین اجسام پرجرم و فشرده‌ای، موج‌های قابل اندازه‌گیری ایجاد می‌کنند.

TXS 0506+056 تا کنون در ۳ کاتالوگ فرمی به مثابه منبع پرتوهای گاما برشمرده شده و به مثابه بلیزر نوع بی ال لاجرتای (۲۹) مشهور است. بلیزرها کهکشانی با هسته فعال (AGN ها) هستند که سمت و سوی یکی از جت‌های منتشرشده از آن‌ها، دقیقاً درست در جهت خط دید ناظران زمینی است. تابش الکترومغناطیسی مشاهده شده، احتمالاً با اثرات نسبی (۳۰) تقویت شده و می‌تواند در مقیاس‌های زمانی، از چند دقیقه تا چندین سال تغییر کند. در صورتی که آن پیش‌آمد با نوترینو اتفاق نمی‌افتاد، احتمالاً اخترشناسان به سوسوزدن و نوسانات بلیزر توجه بیشتری نمی‌کردند.

تلسکوپ MAGIC واقع در جزیره قناری لا پالما، آسمان را در محدوده‌ی پرتوهای گاما با انرژی بالا جستجو و بررسی می‌کند. مشاهدات این تلسکوپ جنبه‌ی جدیدی را ارائه دادند. در این مشاهدات -همانند آپس کیوب- اثر چرنکوف مورد استفاده قرار می‌گیرد: پرتوهای گامای کیهانی به هنگام ورود به جو زمین، رگباری از ذرات را موجب می‌شوند که به نوبه‌ی خود صاعقه‌های نوری کوتاه ایجاد می‌کنند. کوانت‌های گاما همانند نوترینوها مستقیم به منشأ خود اشاره دارند و از طریق ارزیابی دقیق و ماهرانه‌ی صاعقه‌های نوری ثبت شده می‌توان آسمان زیر نور گاما را بازسازی و ترسیم کرد.

پس از اینکه MAGIC در اولین کارزار مشاهده ناکام ماند، توانست در جریان دومین مشاهده در تاریخ ۲۸ سپتامبر ۲۰۱۷ پرتوهای گاما با انرژی بالا - تا حداقل ۴۰۰ گیگا الکترون ولت - از شیء TXS 0506+056 را به اثبات برساند. این نکته تازگی داشت، چون که این بلیزر تا آن زمان به عنوان منبعی از کوانت‌های انرژی بالای پرتوهای گاما، ناشناخته بود.

اینک دانشمندان دو سرخ در دست داشتند: موقعیت‌های همسان و مطابق نوترینو و منبع پرتوهای گاما و دیگری تابش هم‌زمان نوترینوهای انرژی بالا و کوانت‌های گاما. این نکته وزنه و اهمیت آماری را به طرز قابل توجهی تقویت کرد. زیرا مدل‌های نظری بلیزرها نشان دهنده‌ی این نکته‌اند که باید حداقل بخشی از کوانت‌های گامای انرژی بالا در همان فرایندهای پیدایش نوترینوهای انرژی بالا پدید آیند. به بیان دیگر کوانت‌های گاما و نوترینوها، محصولات جانبی فرایندهای یکسانی‌اند و خود این فرایندها سرانجام پیامد شتاب عظیم پروتون‌ها در فواره (جت)‌های بلیزرها هستند.

از این رو اخترشناسان دلایل محکمی برای پذیرش بلیزر TXS 0506+056 به عنوان اولین منبع برون کهکشانی برای پخش نوترینوها و پرتوهای کیهانی در دست دارند.

ارزیابی جدید داده‌ها و اطلاعات بایگانی شده در جریان کشف آپس کیوب IceCube-170922A، کمک بیشتری در این رابطه هستند. معلوم شد که در فاصله‌ی زمانی بین سپتامبر ۲۰۱۴ تا مارس ۲۰۱۵ - در مقایسه با نوترینوهای پس زمینه جو (آتمسفر) - مازاد قابل توجهی از نوترینوهای دریافت شده از سوی TXS 0506+056 به ثبت رسیدند. این ارزیابی به خودی خود از لحاظ آماری مهم و کاملن مستقل از تجزیه و تحلیل نوترینوی IceCube-170922A و پرتوهای گامای بلیزر است. هر دو تجزیه و تحلیل در شماره ۱۳ ژوئیه ۲۰۱۸ ماهنامه‌ی "Science" منتشر شدند.

کشف یک بلیزر به عنوان خاستگاه پرتوهای کیهانی، دستاورد عظیمی در اخترشناسی بسواره (چندکاناله) و اخترشناسی نوترینو است. این پرسش که آیا این رده از اشیاء کلاً به مثابه منبع مسلط در پرتوهای کیهانی‌اند، تنها با پیدا کردن منابع نوترینوی کیهانی بیشتر، روشن خواهد شد.

ماهنامه کیهان و ستارگان، سپتامبر ۲۰۱۸

## پی نوشت‌ها:

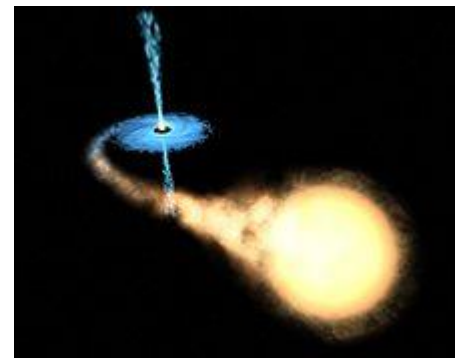
### ۱- بلیزر (ویکی پدیا)

یک کوازار بسیار فشرده مرتبط با احتمالاً یک سیاهچاله ابر پرجرم در مرکز یک کهکشان بیضوی بسیار بزرگ و فعال است. بلیزرها در میان پر انرژی‌ترین پدیده‌ها در جهان و یک موضوع مهم در اخترشناسی فراکهکشانی هستند. بلیزرها اعضای یک گروه بزرگتر از کهکشان‌های فعال هستند که میزبان هسته کهکشانی فعال (AGN) می‌باشند. چند اشیاء نادر ممکن است «بلیزر متوسط» باشند که به نظر می‌رسد که ترکیبی از خواص هر دو کوازارهای OVV و اشیای BL Lack باشند. نام «بلیزر» در اصل ابداع سال ۱۹۷۸ و توسط ستاره‌شناس ادوارد اشیپگل به معنی ترکیبی از این دو کلاس است.

### ۲- اخترشناسی بسواره (چند کاناله) Multimessenger-Astronomy

"بسواره" واژه برساخته‌ای است مرکب از "بس" که "بسامد" و یا "بسیار بودن" از آن برمی‌آید و "واره" که معنای "مانندگی" یا "مانند بودن" را به موضوع اضافه می‌کند مانند "سنگواره". به معنای دیگر "اخترشناسی چند کاناله". با تشکر از مهندس حسین انصافپور برای پیشنهاد واژه "بسواره".

### ۳- قرص برافزایشی (ویکی پدیا)



یک نگاره تخیلی از یک سیاهچاله و یک ستاره رشته اصلی

یک قرص برافزایشی به انگلیسی accretion disc، یک ساختار دیسک مانند از ماده است که به شکل حلقوی به دور یک جسم خاص می‌چرخد. این جسم می‌تواند یک ستاره جوان، یک کوتوله سفید، یک ستاره نوترونی یا یک سیاهچاله باشد. این چرخش باعث ایجاد گرما و تابش می‌شود و دامنه این تابش برای ستارگان جوان مادون قرمز و برای بازماندگان ستاره‌ای پرتو ایکس است.

### ۴- کوانت های گاما Gammaquants

کوانت های گاما ذرات بسیار پر انرژی نور هستند....

<http://www.uni-protokolle.de/foren/viewt/17127,0.html>

...تابش پرتوهای گاما – همانند نور مرئی – در بسته های (Portionen) جداگانه (فوتون ها، کوانت ها) تابیده می شوند...

[http://www.energiwelten.de/elexikon/lexikon/seiten/htm/020208\\_Gammastrahlen\\_beim\\_radioaktiven\\_Zerfall\\_Kernphysik.htm](http://www.energiwelten.de/elexikon/lexikon/seiten/htm/020208_Gammastrahlen_beim_radioaktiven_Zerfall_Kernphysik.htm)

کوانت گاما در فیزیک هسته ای اصطلاح عادی برای فوتون ها، با انرژی ای  $E_\gamma = \hbar\omega = hc / \lambda$  معمولن بین ۱۰ تا ۱۰۰ keV است.

<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/gammaquant/5511>

**۵- پرتو کیهانی (ویکی پدیا)**

**پرتوهای کیهانی** ذراتی هستند که در فضای خارج از اجرام آسمانی تولید شده و به جو این اجرام برخورد می‌کنند. در مورد کره زمین، این امواج در عبور از جو زمین و برخورد با ذرات اتمسفر به ذرات مختلفی مانند مزون‌ها و پوزیترون‌ها تبدیل می‌شوند. این پرتوها که شامل الکترون و هسته‌های کاملاً یونیزه اتم است، از تمام راستاها به مقدار برابر دریافت می‌شود. راستای ورود، سرچشمه آن‌ها را روشن نمی‌کند، چرا که پرتوهای کیهانی ذراتی باردار هستند؛ از این رو در زمان حرکت از میان میدان‌های مغناطیسی راه شیری، مسیر آن‌ها پیوسته تغییر می‌کند. انرژی بالای پرتوهای کیهانی نشان‌دهنده آن است که آن‌ها باید در فرایندهای پرانرژی، مانند انفجارهای ابرنواختری، به وجود آمده باشند. پروتون با حدود ۹۰٪ و هسته هلیوم با ۱۰٪ بیش‌ترین سهم را در این پرتوها دارند. البته مقدار اندکی هسته‌های سنگین‌تر نیز یافت می‌شود که انرژی آن‌ها بین ۱۰.۸ تا ۱۰۲۰ eV است. از برخورد پرتوهای پرانرژی کیهانی و مولکول‌های جو، تابش ثانویه پدید می‌آید. این تابش را می‌توان از روی زمین رصد کرد، در حالی که برای مشاهده مستقیم پرتوهای کیهانی باید از جو خارج شد. آشکارسازهای مورد استفاده برای رصد پرتو کیهانی شبیه به آن‌هایی است که در فیزیک ذرات به کار می‌رود. با توجه به اینکه ذرات در شتاب دهنده‌های زمینی حداکثر به انرژی ۱۰۱۲ eV می‌رسند، پرتوهای کیهانی یک آزمایشگاه طبیعی عالی در پیش روی فیزیک ذرات قرار می‌دهند. بسیاری از ماهواره‌ها و فضاپیماها مجهز به آشکارسازهای پرتو کیهانی هستند.

**۶- مرتبه بزرگی (ویکی پدیا)**

مرتبه بزرگی (به انگلیسی: Order of magnitude) برحسب توان‌های پایه ۱۰ شناخته و سنجیده می‌شوند و یک روش نمایش سنجش مراتب مقداری است. مثلاً مرتبه بزرگی عدد ۱۵۰۰ را ۳ می‌دانیم و هنگام نوشتن و خواندن آن در نماد علمی آن را به صورت:  $1.5 \times 10^3$  می‌نویسیم. به عبارتی دیگر این توان به راحتی مرتبه بزرگی را نشان می‌دهد و می‌تواند در مقایسه بزرگی (و یا کوچکی) آن را نسبت به هر عدد دیگر می‌رساند. تفاوت‌ها در مرتبه بزرگی را می‌توان در مقیاس لگاریتمی «ده‌دهی» اندازه‌گیری کرد (به عنوان مثال، مضارب ده). نمونه‌هایی از اعداد با مرتبه‌های مختلف را می‌توان در جدول «مراتب بزرگی (اعداد)» پیدا کرد. دو عدد را زمانی می‌توان دارای مرتبه بزرگی همسان دانست که: اگر عدد بزرگ‌تر را بر عدد کوچک‌تر تقسیم کنیم نتیجه کمتر از ۱۰ باشد. به عنوان مثال، ۲۳ و ۸۲ دارای مرتبه بزرگی همسانی هستند، اما ۲۳ و ۸۲۰ دارای مرتبه بزرگی مشترکی نیستند زیرا یکی از آن‌ها بیش از ده برابر دیگری است.

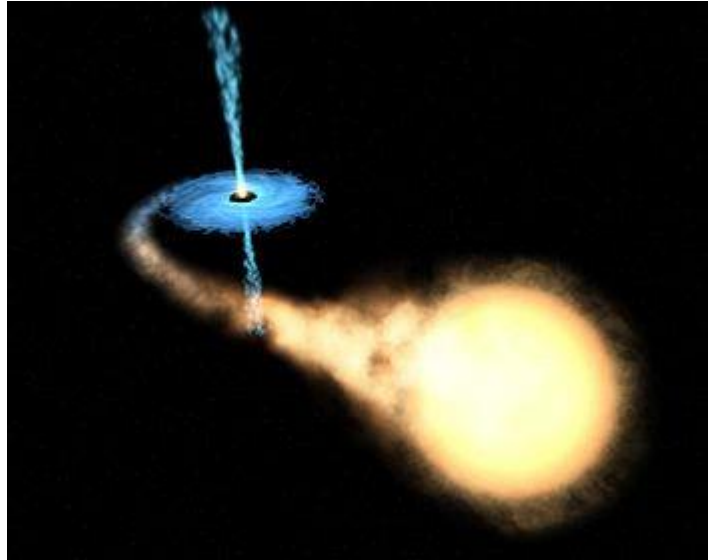
**۷- تپ اختر (ویکی پدیا)**

**تپ اخترها (Pulsar)**، ستاره‌های نوترونی چرخانی هستند که با سرعت بسیار زیادی دوران می‌کنند و پالس‌های مداومی از انرژی تابشی به همراه خطوط میدان مغناطیسی قوی را از خود منتشر می‌کنند. برخی از تپ اخترها نیز پرتوهای ایکس تابش می‌کنند. ستاره‌های نوترونی در حقیقت بقایای هسته ستاره منفجر شده‌ای هستند که حجم کوچک و چگالی بسیار بالایی دارند. برای نمونه تپ اختر به قطر ۲۰ کیلومتر ۱٫۵ برابر جرم خورشید را در خود جای داده‌است. تپ اخترها هنگام تولد دمایی در حدود چند میلیون درجه سلسیوس دارند و بلافاصله شروع به سرد شدن می‌کنند. نحوه و سرعت سرد شدن نیز به مواد تشکیل دهنده و چگالی آن‌ها بستگی دارد.



سحابی خرچنگ

**۸- دوتایی پرتو ایکس (ویکی پدیا)**



یک تصویر خیالی از دوتایی پرتو ایکس

دوتایی پرتو ایکس یک گروه از ستارگان دوتایی هستند که پرتو ایکس تابش می کنند. روش تابش این پرتو بدین گونه است که یکی از همدمها (معمولاً سیاهچاله، ستاره نوترونی یا کوتوله سفید) مواد همدم دیگر را بلعیده و در این هنگام این مواد به دور جرم کوچکتر می چرخند و دیسکی ایجاد می کنند که به آن قرص برافزایشی می گویند.

دوتایی پرتو ایکس پرجرم  
 یک دوتایی پرتو ایکس پرجرم (HMXB) یک سامانه دوتایی است که یکی از آنها از همدمهای ستاره معمولی بوده و دیگری ستاره ای پرجرم است.

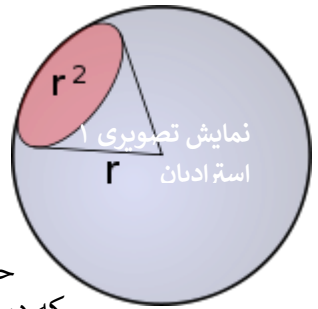
**۹- هوسر (ویکی پدیا)**

هوسر اصلاحی در دریانوردی است که برای یک کابل دریانوردی یا طناب بکار رفته در مهار اندازی یا کشیدن کشتی استفاده می شود.



طناب هوسر بزرگ  
 هوسری که از درون چشمی لنگر می گذرد به نام "سوراخ گربه" نیز شناخته می شود.<sup>۳</sup> این گونه هوسر بر روی کناره سوراخدار کشتی قرار دارد.

**۱۰- استرادیان (ویکی پدیا)**



استرادیان (Steradian) با نماد  $sr$  واحد زاویه فضایی در سیستم استاندارد بین‌المللی واحدها است. استرادیان برای توصیف گستره دویبعدی زاویه‌ها در فضای سه‌بعدی به کار می‌رود، همان‌گونه که رادیان برای توصیف زاویه‌ها در صفحه‌های دویبعدی به کار می‌رود.

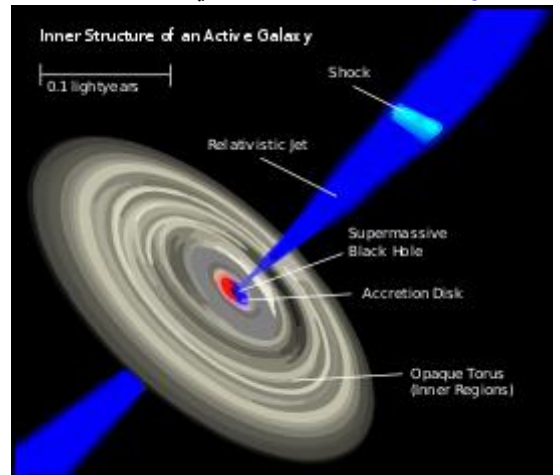
تعریف = در دویبعد، زاویه برحسب رادیان با طول قوس مقابلش در دایره چنین رابطه‌ای دارد: که در آن طول قوس و شعاع دایره است. برای مثال در یک دایره کامل که  $\theta$  برابر  $400$  رادیان است،  $400$  رادیان =  $2\pi$  درجه خواهد بود.

حال در سه بعد، زاویه فضایی با مساحت مقابلش در کره چنین رابطه‌ای دارد: که در آن مساحت سطح و شعاع کره است.

### ۱۱- هسته کهکشانی فعال (ویکی پدیا)

یک هسته کهکشانی فعال (active galactic nucleus، مخفف: AGN) ناحیه‌ای متمرکز در مرکز کهکشان‌هاست که معمولاً در تمام ناحیه‌های طیف الکترومغناطیسی از بقیه کهکشان درخشان‌تر است. کهکشانی که دارای هسته کهکشانی فعال باشد را کهکشان فعال می‌نامند. تصور می‌شود علت این پدیده برافزایش سیاه‌چاله کلان‌جرم مرکز کهکشان میزبان است. هسته‌های کهکشانی فعال پرنورترین اجرام در عالم هستند و بررسی آنها می‌تواند هم به کشف اجرام دور کمک کند و هم به تصحیح یا دستیابی به مدل‌های کیهان‌شناختی.

### ۱۲- فواره (جت‌های نسبیتی) (ویکی پدیا)



فواره نسبیتی. محیط اطراف هسته کهکشانی فعال که در آن پلاسمای نسبیتی به صورت دو فواره که در راستای قطب سیاه‌چاله پرجرم به فضا می‌گریزد.

فواره‌های نسبیتی (Relativistic jet) فواره‌های بسیار قدرتمندی از پلاسمای هستند که از جرم‌های سنگینی که گمان می‌رود در مراکز کهکشانی‌های فعال همچون کهکشانی‌های رادیویی و اخترشاه‌ها وجود داشته باشند، فوران می‌کنند. طول آنها ممکن است به چندین هزار یا حتی چند صد هزار سال نوری برسد. فرضیه موجود این است که پیچش میدانهای مغناطیسی در قرص برافزایشی سرریز مواد را به موازات محور چرخش مرکزی جسم در می‌آورد.

### ۱۳- نیروی هسته‌ای ضعیف (ویکی پدیا)

نیروی هسته‌ای ضعیف یا کشش هسته‌ای ضعیف، یکی از چهار نیروی پایه در کنار نیروی هسته‌ای قوی، الکترومغناطیس، و گرانش در فیزیک ذرات است که مسئول واپاشی هسته‌ای و قبل از همه واپاشی بتا است که در آن یک نوترون به یک پروتون و یک الکترون و یک پادنوترون تبدیل می‌شود.

نیروی هسته‌ای ضعیف که بین کوارک‌ها و لپتون‌ها اتفاق می‌افتد، باعث تبدیل و تبادل انرژی و تکانه بین آنها می‌شود و به اندازه  $10^{-13}$  بار از نیروی هسته‌ای قوی ضعیف‌تر است.

همانند، سایر نیروهای پایه در فیزیک، نیروی هسته‌ای ضعیف نیز توسط تبادل بوزون‌ها صورت می‌گیرد، که در اینجا ذره تبادل شده،  $Z^-$  بوزون یا یکی از  $W^-$  بوزون‌ها (یعنی با بار مثبت یا منفی) می‌باشد.

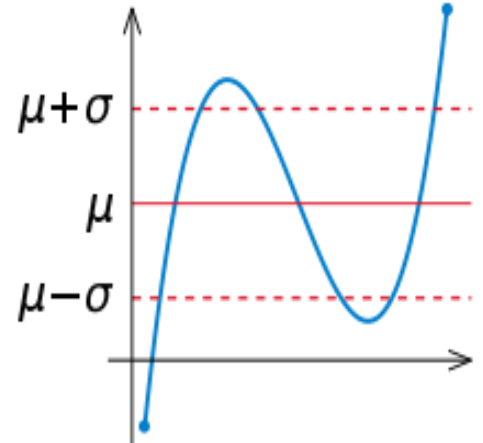
#### ۱۴- درجه مربع (ویکی پدیا)

درجه مربع یک واحد اندازه گیری زاویه فضایی (۱۸) است. مورد استفاده اش عمدتاً در اخترشناسی به عنوان معیاری برای انبساط یک شیء در آسمان است. زیر واحدها بدینگونه نامیده می شوند:

مربع دقیقه قوسی برابر با  $۳۶۰۰/۱$  درجه مربع. ثانیه قوسی  $۳۶۰۰/۱$  مربع دقیقه =  $۱۲۹۶۰۰۰۰/۱$

#### ۱۵- انحراف معیار (سیگما) (ویکی پدیا)

متغیر تصادفی (آبی). انحراف معیار  $\sigma$  نماینده پخش شدگی مقادیر متغیر تصادفی حول مقدار میانگین،  $\mu$ ، است.



در آمار انحراف معیار (standard deviation) (که با نماد  $\sigma$  نشان داده می شود) یکی از شاخص های پراکندگی است که نشان می دهد به طور میانگین داده ها چه مقدار از مقدار متوسط فاصله دارند. اگر انحراف معیار مجموعه ای از داده ها نزدیک به صفر باشد، نشانه آن است که داده ها نزدیک به میانگین هستند و پراکندگی اندکی دارند؛ در حالی که انحراف معیار بزرگ بیانگر پراکندگی قابل توجه داده ها می باشد. انحراف معیار برابر با ریشه دوم واریانس است. خوبی آن نسبت به واریانس، این است که هم بعد با داده ها می باشد. انحراف معیار برای تعیین ضریب اطمینان در تحلیل های آماری نیز به کار می رود. در مطالعات علمی، معمولاً داده های با اختلاف بیشتر از دو انحراف معیار از مقدار میانگین به عنوان داده های پرت در نظر گرفته و از تحلیل، خارج می شوند.

#### ۱۶- بُعد (اخترشناسی) **Rektaszension** (ویکی پدیا)

بُعد در ستاره شناسی با نماد  $\alpha$ ، مؤلفه خطی یا قوس طولی از مختصات استوایی کره آسمان، مابه ازای طول جغرافیایی کره زمین است. متداولترین دستگاه مختصات، عبارت است از تصویر طول و عرض جغرافیایی کره زمین بر آسمان. درست در راستای استوای زمین، استوایی آسمانی در فضا تجسم می شود که آن را معدل النهار نام گذارده اند. همچنین درست در بالای قطب های زمین قطب هایی در آسمان فرض می شود به نام قطب های آسمانی. با بهره گیری از این مفاهیم کره ای به نام کره آسمان در پیرامون زمین پنداشته می شود که این مختصات بر روی آن مشخص می گردد.

در مختصات سماوی استوایی به جای طول جغرافیایی اصطلاح بعد و به جای عرض جغرافیایی اصطلاح میل بکار می‌رود. با بهره‌گیری از مختصات آسمانی، هر نقطه از آسمان را می‌توان مشخص کرد. حروف یونانی آلفا و بتا به ترتیب برای نشان دادن بعد و میل بکار می‌روند. بعد کوچک‌ترین زاویه بین دایره ساعت صفر و یک شیء آسمانی معین است. بعد مانند زمان بر حسب ساعت و دقیقه از نقطه اول حمل یا نقطه اعتدال بهاری به سمت مشرق تقسیم‌بندی می‌شود. چنانچه به صورت زاویه ۳۶۰ درجه ترسیم شود از نقطه اول حمل به صورت معکوس یعنی به سمت مغرب درجه‌بندی می‌شود.



کره سماوی، مکان بعد مشخص شده است

### ۱۷- میل (اخترشناسی) *Deklination* (ویکی پدیا)

میل با نماد  $\delta$  مشخص می‌شود (یکی از دو مختصه‌ای است که معادل آسمانی عرض جغرافیایی است و برای سنجش موقعیت اجرام در کره آسمان استفاده و نسبت به استوای آسمان اندازه‌گیری می‌شود). میل به کوچک‌ترین زاویه بین یک شیء معین و استوای سماوی گفته می‌شود.

از  $90^\circ$  - درجه تا  $90^\circ$  + درجه تغییر می‌کند و اگر جسمی در نیم‌کره شمالی سماوی و در میل خاصی باشد حداکثر در متمم عرض جغرافیایی معادل آن و جنوبی دیده خواهد شد و برعکس مثلاً میل ستاره شباهنگ  $16^\circ$  - است پس در عرض‌های جغرافیایی بالاتر از  $74^\circ$  + دیده نخواهد شد.



کره سماوی، مکان میل مشخص شده است

### ۱۸- زاویه فضایی (ویکی پدیا)

در هندسه، زاویه فضایی، که معمولاً با  $\Omega$  نشان داده می‌شود، زاویه‌ای دو بعدی در فضای سه بعدی است که یک جسم روی یک نقطه را می‌پوشاند. این زاویه نشان می‌دهد که آن جسم از دید بیننده‌ای که از آن نقطه به جسم می‌نگرد چه قدر بزرگ می‌آید. برای نمونه، جسم کوچکی در فاصله نزدیک می‌تواند همان زاویه فضایی را بپوشاند که جسم بزرگی در دور دست می‌تواند. اگر جسم را روی سطح کره‌ای به مرکز آن نقطه تصویر کنیم، زاویه فضایی جسم متناسب است با مساحت بخشی از کره که جسم پوشانده است، تقسیم بر شعاع کره به توان دو.

## ۱۹- پایستگی انرژی (ویکی پدیا)

**قانون پایستگی انرژی** می‌گوید که مقدار انرژی در یک سیستم تک‌افتاده (ایزوله، منزوی) ثابت می‌ماند. پیامد این قانون این است، که انرژی از بین نمی‌رود و به وجود نمی‌آید. و تنها از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌شود؛ مثلاً انرژی جنبشی به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود. از آن‌جا که در نظریه نسبیت خاص انرژی و جرم به هم وابسته‌اند، پایستگی انرژی در حالت کلی می‌گوید که مجموع انرژی و جرم یک سیستم تک‌افتاده پایسته است.

## ۲۰- واپاشی بتا ("در جستجوی ستارگان کم فلز" [http://www.negaresh.de/pdf/Omid\\_Asare\\_Felezat.pdf](http://www.negaresh.de/pdf/Omid_Asare_Felezat.pdf))

**واپاشی بتا:** تبدیل یک نوترون به یک پروتون، الکترون و یک الکترون - آنتی نوترینو. هسته‌ی اتم ناپایدار شده از طریق جذب نوترون، با **واپاشی بتا** به هسته‌ی اتم عنصر بالاتر بعدی تبدیل می‌شود. در این روند پروتون ایجاد شده در هسته باقی می‌ماند، در حالی که الکترون و الکترون - آنتی نوترینوی همزمان ایجاد شده، از هسته دفع می‌شوند.

## ۲۱- نوسان نوترینو (ویکی پدیا)

**نوسان نوترینو (Neutrino oscillation)** یک پدیده مکانیک کوانتومی است که به موجب آن نوترینوی ایجاد شده با مزه ویژه لپتون: (الکترون، میون یا تاو)؛ در ارزیابی بعدی می‌تواند با طعم دیگری دیده شود. با انتشار نوترینو در فضا، اندازه‌گیری‌های بعدی؛ برای یافتن طعم دلخواهی از نوترینو، در هر دوره از اندازه‌گیری نتیجه متفاوت و متغیری را نشان داده‌است. این پدیده را نخستین بار برونو پونته‌کوروو در سال ۱۹۵۷ میلادی پیش‌بینی کرد پدیده نوسان نوترینو از آن زمان تاکنون توسط بسیاری از آزمایش‌ها در زمینه‌های مختلف مشاهده و پشتیبانی شده‌است. روشن شدن پدیده نوسان نوترینو باعث شد که برای مسئله نوترینوی خورشیدی که سال‌ها بی‌جواب مانده بود بالاخره پاسخی پیدا شود.

## ۲۲- تلسکوپ فضایی پرتو گامای فرمی (ویکی پدیا)

**تلسکوپ فضایی پرتو گامای فرمی (Fermi Gamma-ray Space Telescope)** یک تلسکوپ فضایی رصدگر پرتوی گاما است که در مدار نزدیک زمین به رصد آسمان می‌پردازد. این تلسکوپ فضایی در ۱۱ ژوئن ۲۰۰۸ توسط موشک دلتا ۲ به فضا پرتاب شد.

## ۲۳- تابش چرنکوف (ویکی پدیا)

اشعه چرنکوف (به انگلیسی: Čerenkov (Cherenkov) Radiation) تشعشی است که بر اثر حرکت یک ذره باردار در ماده دی‌الکتریک با سرعت فاز بیش از سرعت فاز نور در آن ماده دی‌الکتریک حرکت کند؛ تابش می‌شود. این مفهوم به نام پاول چرنکوف نامگذاری شده‌است. حتماً توجه کرده‌اید که وقتی قایقی با سرعت نسبتاً بالا (بیش از سرعت امواج سطحی آب) در یک دریاچه آرام حرکت می‌کند، پشت سرش موج مثلثی شکلی منتشر می‌شود. تابش چرنکوف پدیده‌ای کمابیش مشابه است. وقتی ذره بارداری در محیط ماده با سرعت بیش از سرعت نور در این ماده حرکت کند، تابشی از آن ساطع می‌شود که به تابش چرنکوف معروف است. این تابش به صورت همسانگرد ساطع نمی‌شود، بلکه مشابه همان موج پشت سر قایق در یک مخروط (در اینجا مسئله سه بعدی است) منتشر می‌شود.

اگر یک ذره باردار چه در خلأ و چه در محیط ماده شتاب بگیرد، موج الکترومغناطیسی ساطع می‌کند. پدیده چرنکوف به غیر از آن است. اولاً تابش چرنکوف تنها در محیط ماده صورت می‌گیرد. در ثانی برای تابش چرنکوف نیازی به شتاب نیست و اگر سرعت ذره باردار ثابت بماند، باز هم تابش چرنکوف اتفاق می‌افتد (انرژی تابش را محیط ماده فراهم می‌سازد).

تابش چرنکوف پدیده‌ای کاملاً شناخته شده است و در آشکارسازی ذرات به خصوص نوترینوها به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته نوترینوها خودشان بار الکتریکی ندارند، اما پس از وارد شدن به محیط ماده (مثل آب یا یخ) می‌توانند ذرات باردار تولید نمایند.

## ۲۴- سرعت نور (ویکی پدیا)

**سرعت نور** در خلأ یک ثابت جهانی و دقیقاً برابر با  $299792458$  متر بر ثانیه است. علت دقت این است که تعریف متر براساس سرعت نور و تعریف ثانیه بنا شده‌است.

این کمیت را در فیزیک و دیگر علوم با حرف  $c$  نشان می‌دهند. در محاسبات عادی که دقت زیادی مورد نیاز نیست، سرعت نور را برابر با  $3 \times 10^8$  کیلومتر بر ثانیه ( $1.08 \times 10^8$  متر بر ثانیه) (در نظر می‌گیرند). مقدار آن تقریباً برابر با  $186282$  مایل بر ثانیه است. سرعت نور بیشینه

سرعتی است که انرژی، ماده و اطلاعات در جهان می‌تواند مسافرت کند. این سرعت همچنان سرعت تمام ذرات بدون جرم و میدان‌های فیزیکی — شامل تابش الکترومغناطیسی که نور نیز جزو آن می‌شود — نیز هست. ذراتی که ذکر شد سرعتشان مستقل چارچوب مرجع است که گسترش این اصل به نسبیت خاص می‌انجامد. همچنین این سرعت در فرمول مشهور هم‌ارزی جرم و انرژی یعنی  $E = mc^2$  ظاهر می‌شود. سرعت نور در اجسام شفاف کمتر از سرعت نور در خلأ است. سرعت نور در خلأ تقسیم بر سرعت نور در آن ماده شفاف (مانند شیشه یا هوا) به عددی بزرگ‌تر از یک می‌انجامد که به آن ضریب شکست (با نماد  $n$  نشان می‌دهند) می‌گویند و در فرمول‌های نور هندسی کاربرد دارد. برای مثال ضریب شکست نور مرئی برای شیشه معمولی حدود  $1/5$  است و بدین معنی است که سرعت نور در شیشه،  $1/5c \approx 200,000,000$  km/s است. ضریب شکست نور برای هوا  $1/0003$  (یا  $1/0003$ ) است که نشان می‌دهد نور در هوا حدود  $90$  km/s کندتر از  $c$  حرکت می‌کند.

### ۲۵- قدر ظاهری (ویکی پدیا)

قدر ظاهری (apparent magnitude)، مقیاسی عددی از روشنایی ستارگان از دید ناظر در زمین است. هرچه مقدار آن کمتر باشد ستاره پرنور تر دیده می‌شود (اما لزوماً درخشانده تر نیست). قدر ظاهری را با  $m$  یا  $mg$  نشان می‌دهند.

### ۲۶- طیف‌بینی

طیف‌سنجی یا بیناب نامی، (Spectroscopy)، به عنوان مطالعه برهمکنش بین نور و ماده نیز تعریف می‌شود. از لحاظ تاریخی طیف‌سنجی به شاخه‌ای از علم برمی‌گردد که نور مرئی برای مطالعات نظری در ساختار ماده و آنالیزهای کیفی و کمی استفاده می‌شد. اگرچه اخیراً به عنوان یک تکنیک جدید نه فقط برای نور مرئی بلکه بسیاری از اشکال تابش‌های الکترومغناطیسی و غیرالکترومغناطیسی مانند میکروموجها، امواج رادیویی، اشعه ایکس، الکترونها، فوتونها (امواج صوتی) و غیره بکاربرده می‌شود. از انواع روش‌های مهم و پرکاربرد در شیمی آلی می‌توان به روش‌های طیف‌سنجی مادون قرمز، جرمی، ماوراء بنفش و رزنانس مغناطیسی هسته اشاره کرد.

طیف‌سنجی اغلب در شیمی فیزیک (بطور مثال در نوعی تصویربرداری ام‌آرآی) و شیمی تجزیه برای شناسایی ماده از طریق طیف گسیلی یا جذبی از آنها یکار برده می‌شود. وسیله‌ای که طیف هر ماده را ثبت می‌کند طیف‌سنج یا اسپکترومتر نام دارد. طیف‌سنجی همچنین به‌طور زیاد در اخترشناسی و مشاهدات از راه دور استفاده می‌شود. اکثر تلسکوپ‌های بزرگ طیف‌نگار دارند که برای اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی و خواص فیزیکی اجسام نجومی یا اندازه‌گیری سرعت‌شان از طریق جابجایی دوپلری خطوط طیفی‌شان استفاده می‌شود. این نوع کاربرد در مبحث طیف‌سنجی نجومی به تفضیل آمده‌است.

### ۲۷- انفجار پرتوی گاما (ویکی پدیا)

انفجار پرتو گاما یا فوران پرتو گاما یا GRB (Gamma-ray burst) به فوران ناگهانی و شدید پرتو گاما در اعماق کیهان گفته می‌شود. این پدیده ده‌ها سال به عنوان یکی از پدیده‌های مرموز اخترشناسی شناخته می‌شد. امروزه معلوم شده‌است که برخی از این انفجارها مربوط به ابرنواخترها، و برخی دیگر مربوط به مگنتارها هستند.

تاریخچه

کشف این انفجارها به دهه ۱۹۶۰ باز می‌گردد. در این زمان تعدادی از ماهواره‌های نظامی بادبان که برای ردیابی انفجارهای هسته‌ای اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی از سوی ایالات متحده آمریکا به جو زمین پرتاب شده بودند، به جای تشخیص انفجار هسته‌ای بر روی زمین، انفجاری بسیار نیرومندتر را در پشت خود و در ژرفای کیهان یافتند. ماهواره‌های نظامی بادبان به منظور آشکارسازی انفجارهای هسته‌ای ناقض قرارداد ممنوعیت آزمایش‌های هسته‌ای طراحی و پرتاب شده بودند. تا سال ۱۹۹۰ هیچ‌یک از منابع این پرتوها کشف نشده بود و تنها چیزی که دانشمندان در مورد سرچشمه آن‌ها می‌دانستند این بود که آن‌ها از فضای بیرون جو زمین سرچشمه می‌گیرند.

### ۲۸- ستاره دوتایی (ویکی پدیا)

ستاره دوتایی به یک سامانه ستاره‌ای گفته می‌شود که در آن دو ستاره به هم نزدیک هستند و به دور مرکز سنگینی سراسری مشترک میان خود گردش می‌کنند. به ستاره دیگر ستاره ندیم یا ستاره همدم نیز گفته می‌شود. بررسی‌های جدید نشان می‌دهند که درصد زیادی از ستارگان بخشی از یک سامانه حداقل دو ستاره‌ای هستند. ستارگان دوتایی در اختر فیزیک بسیار مهم هستند زیرا ویژگی‌های مدار آن‌ها جرم و چگالی آن ستارگان را برای اخترشناسان مشخص می‌کند. جرم بسیاری از ستارگان تکی نیز از روی برون‌یابی جرم ستارگان دوتایی بدست می‌آید. ستارگان دوتایی واقعی با ستارگان دوتایی نوری یکی نیستند، تفاوت آن‌ها در این است که ستارگان دوتایی نوری از زمین و از دیدگاه ما با چشم غیر مسلح نزدیک به

یکدیگر یا گاهی به صورت یک ستاره دیده می‌شوند ولی آن‌ها هیچ اثر گرانشی بر یکدیگر ندارند و فقط در راستای دید ناظر اینگونه دیده می‌شوند. ستارگان دوتایی از روی طیف‌سنجی هم شناخته می‌شوند. اگر مدار حرکت این ستارگان در راستای دید زمین باشد به آن‌ها دوتایی گرفتی می‌گویند و هویت آن‌ها از راه بهره‌وری از پدیده‌ی گرفت تشخیص داده خواهد شد. به سامانه‌هایی که بیشتر از دو ستاره باهم مرکز سنگینی سراسری مشترک داشته باشند ستاره‌ی چندتایی می‌گویند که نمونه آن‌ها بسیار فراوان است. ستاره‌های دوتایی گاهی می‌توانند بین یکدیگر جرم تبادل کنند و تکامل یابند. از معروفترین ستارگان دوتایی می‌توان به الغول (ستاره دوتایی گرفتی)، شباهنگ و ماکیان ایکس یک (که ندیم کوچکتر قویترین احتمال سیاهچاله است) اشاره کرد.

### ۲۹- بی ال لاجرتای (لاتین) (ویکی پدیا)

بی ال لاجرتای یک پیش‌نمونه اولیه اشیاء بی ال لاجرتای (لاتین- مارمولک م.)، رده ای از هسته‌های فعال و تغییر پذیر کهکشان‌ها است که امروزه به مثابه بلیزرها توصیف می‌شوند. اشیاء بی ال لاجرتای (BL-Lacertae) یا به اختصار اشیاء بی لک (BL-Lac) و یا (BL-Lacertiden)، هسته‌های کهکشان‌های فعال هستند و در کنار اخترش‌ها (کوازارها) جزو درخشان‌ترین اشیاء کیهانی شناخته شده‌اند.

### ۳۰- اثر نسبیتی (ویکی پدیا)

زمانی می‌توان پدیده ای را در فیزیک به عنوان اثر نسبیتی نامید که در فیزیک کلاسیک شرح درستی نداشته و تنها از طریق تئوری نسبیت، به شکل مناسب و درست توصیف شود. این اصطلاح به معنای خاص‌تر آن در شیمی فیزیکی، در رابطه با خواص عناصر سنگین‌تر که تنها از طریق مکانیک کوانتومی نسبیتی توضیح داده می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.