

تصویر ۱ - حباب‌های انتشار ذرات ایکس و گاما در کهکشان راه شیری - عکس از ناسا

یک تیم از دانشمندان از کشورهای روسیه و چین، مدلی که توضیح دهنده ماهیت پرتوهای کیهانی^۱ با انرژی زیاد در کهکشان ما است را، توسعه دادند. این پرتوهای کیهانی انرژی‌ای بیشتر از آنچه (در حدود یک الی دو مرتبه) در انفجارهای ابرنواخترها^۲ تولید می‌شود را، دارند. تمرکز این مدل بطور عمده، بر روی کشف اخیر ساختارهای عظیم که حباب‌های فرمی^۳ نامیده می‌شوند، است.

یکی از مسائل کلیدی در نظریه منشأ پرتوهای کیهانی، که شامل هسته‌های اتمی و پروتون‌ها با انرژی بالا می‌باشد، مکانیسم شتاب آنهاست. این موضوع در دهه ۱۹۶۰ توسط ویتالی گینزبرگ^۴ و سرگی سیروواتسکی^۵ زمانیکه اشاره کردند که پرتوهای کیهانی در جریان انفجار ابرنواخترها در کهکشان تولید می‌شوند، مورد توجه قرار گرفت. مکانیسم خاصی از شتاب ذرات باردار بوسیله امواج تکانه‌ای^۶ ابرنواخترها توسط جرموجن کریمسکی^۷ و دیگران در ۱۹۷۷، پیشنهاد گردید. به دلیل طول عمر محدود این تکانه‌ها، تخمین زده شد که بیشینه انرژی ذرات شتاب‌دار نمی‌تواند از 10^{14} eV تجاوز کند.

توضیح ماهیت ذرات با انرژی‌های بیش از $10^{15} eV$ ، کلیدی است. پیشرفت اصلی در تحقیق بر روی فرآیندهای شتاب یک‌چنین ذراتی، زمانی بوجود آمد که تلسکوپ فضایی پرتو گامایی فرمی^۸، دو ساختار غول‌پیکر از انتشار تابش پرتوی گاما را در ناحیه مرکزی کهکشان در نوامبر سال ۲۰۱۰ را نشان داد. این ساختارهای کشیده شده، به صورت متقارن در صفحه کهکشانی عمود بر مرکز کهکشان در طولی به مقدار ۵۰/۰۰۰ سال نوری، یعنی

¹ Cosmic Rays (CRs)

² Supernova

³ Fermi Bubbles

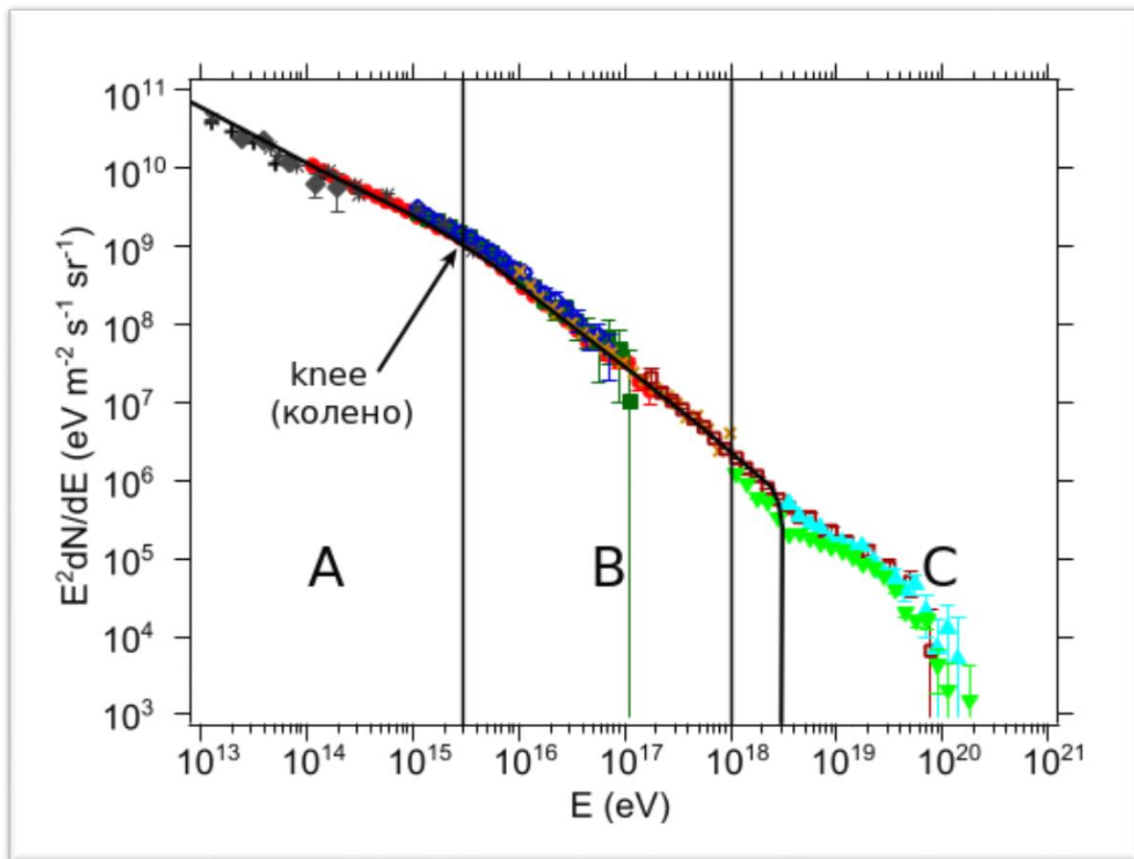
⁴ Vitaly Ginzburg

⁵ Sergei Syrovatsky

⁶ Shock Waves

⁷ Germogen Krymsky

⁸ The Fermi Gamma Ray Space Telescope



تصویر ۲ - نمودار طیف پرتوهای کیهانی بر روی زمین (محور افقی نشان‌دهنده انرژی در واحد eV ، و محور قائم نشان‌دهنده درخشش پرتوهای کیهانی در واحد $\frac{eV}{m^2 s sr}$). نقاط، داده‌های مشاهده شده، و خط توپر سیاه رنگ طیف محاسبه شده در مدل را نشان می‌دهند. - عکس از مؤسسه فیزیک و تکنولوژی مسکو

تقریباً نصف قطر کهکشان راه شیری، قرار گرفته‌اند. این ساختارها با نام حباب‌های فرمی شناخته می‌شوند. بعدها، تیم تلسکوپ پلانک^۹، انتشار آن را نیز در باند ریزموج^{۱۰} کشف کرد.

ماهیت حباب‌های فرمی هنوز نامعلوم بوده، اما مکان این اشیاء، ارتباط آنها با فعالیت گذشته یا حال در مرکز کهکشان، در جاییکه انتظار می‌رود سیاه‌چاله‌ای با جرم 10^6 برابر جرم خورشید وجود داشته باشد را، نشان می‌دهد. مدل‌های جدیدتر حباب‌ها را به تشکیل ستاره و/یا انرژی آزاد شده در مرکز کهکشان، در نتیجه‌ی اختلالات کشندی^{۱۱} ستارگان در طول رشد (یا سقوط)^{۱۲} آنها به درون کهکشان، ارتباط می‌دهند. ساختارهای مشابهی در دیگر سیستم‌های کهکشانی با هسته فعال، را می‌توان نشان داد.

دمیتری چرنیشوف^{۱۳} (کارشناس ارشد از مؤسسه فیزیک و تکنولوژی مسکو^{۱۴})، ولادمیر داگیل^{۱۵} (از پرسنل مؤسسه فیزیک و تکنولوژی مسکو) و دیگر همکارانشان از هنگ‌کنگ و تایوان، مجموعه‌ای مقاله درباره ماهیت حباب‌های فرمی منتشر کردند. آنها نشان دادند که انتشار پرتو ایکس و گاما در این نواحی به سبب فرآیندهایی از جمله الکترون‌های نسبیتی^{۱۶} شتاب‌دار شده بوسیله امواج تکانه‌ای ناشی از سقوط ماده ستاره‌ای به داخل سیاه‌چاله می‌باشد. در این حالت، امواج تکانه‌ای باید هم پروتون‌ها و هم هسته را شتاب‌دار کنند. با این حال، در مقایسه با الکترون‌ها، پروتون‌های نسبیتی با توده‌های بزرگتر به سختی انرژی خود را در هاله کهکشانی^{۱۷} از دست داده، و می‌توانند تمام حجم کهکشان را پر کنند. نویسندگان مقالات

⁹ Planck Telescope

¹⁰ Microwave

¹¹ Tidal Disruption

¹² Accretion

¹³ Dmitry Chernyshov

¹⁴ Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT)

¹⁵ Vladimir Dogiel

¹⁶ Relativistic Electrons

¹⁷ Galactic Halo

اشاره کرده‌اند که جبهه‌های تکانه‌ای حباب عظیم فرمی، می‌تواند شتاب دوباره‌ای به پروتون‌های انتشار یافته توسط ابرنواخترها برای رسیدن به انرژی‌های بیش از $10^{15} eV$ را بدهد.

تحلیل بازشتاب (یا شتاب مجدد)^{۱۸} پروتو کیهانی نشان می‌دهد که حباب‌های فرمی، ممکن است مسئول تشکیل طیف پروتو کیهانی در بالای ناحیه -knee- در طیف مشاهده شده (تصویر ۲)، یعنی در انرژی‌های بیشتر از $3 \times 10^{15} eV$ (محدوده انرژی B در تصویر ۲) باشند. برای دادن دیدی در این بخش، توجه داشته باشید که انرژی ذرات شتاب‌دار در برخورددهنده بزرگ هادرون^{۱۹} در محدوده $10^{15} eV$ است.

ولادیمیر داگیل می‌گوید: "مدل پیشنهادی توزیع طیف جریان پروتو کیهانی مشاهده شده را توضیح می‌دهد. می‌توان گفت، فرآیندهای که توصیف کردیم، توانایی بازشتاب پرتوهای کیهانی کهکشانی تولید شده در انفجار ابرنواخترها را دارند. برخلاف الکترون‌ها، پروتون‌ها، طول عمر بیشتری داشته، بطوریکه در هنگام شتاب‌دار شدن در حباب‌های فرمی، می‌توانند حجمی از کهکشان را پر کرده و همچنین در نزدیکی زمین قابل مشاهده باشند. مدل ما نشان می‌دهد که هسته‌ها و پروتون‌های با انرژی بالا، با انرژی کمتر از $10^{15} eV$ (در پایین محدوده انرژی knee از طیف مشاهده شده)، در انفجار ابرنواخترها در دیسک کهکشانی، تولید می‌شوند. یک‌چنین پرتوهای کیهانی‌ای با شتاب‌گیری مجدد در حباب‌های فرمی به انرژی‌هایی بیش از $10^{15} eV$ (در بالای محدوده knee) می‌رسند. توزیع پروتو کیهانی نهایی در نمودار طیف نشان داده شده است."

محققان توضیحی برای ویژگی‌های طیف پروتو کیهانی در محدوده انرژی از $3 \times 10^{15} eV$ تا $10^{18} eV$ (محدوده انرژی B در تصویر ۲) پیشنهاد دادند. دانشمندان اثبات کردند که ذرات در طول مدت انفجار ابرنواخترها تولید شده و در جایی که انرژی کمتر از $3 \times 10^{15} eV$ دارند، بازشتاب در حباب‌های فرمی به دلیل حرکت از دیسک کهکشانی به درون هاله کهکشانی، را تجربه می‌کنند. پارامترهای منطقی و مناسب مدل توصیف کننده شتاب ذرات در حباب‌های فرمی، می‌توانند ماهیت طیف پرتوهای کیهانی در محدود بالای $3 \times 10^{15} eV$ را توضیح دهند. طیف در پایین این محدوده، بدون تغییر باقی می‌ماند. بنابراین، مدل توانایی تولید توزیع طیف پرتوهای کیهانی همانند آنچه مشاهده می‌شود را دارد.

کاوش بیشتر: [تلسکوپ‌های پرتوی گامایی، یک ناحیه کوچک با انرژی زیاد را در مرکز کهکشان راه شیری آشکار ساختند.](#)

اطلاعات بیشتر: لینک و عنوان اصلی مقاله

Dmitry Chernyshov et al, Fermi bubbles as sources of cosmic rays above 1 PeV, *EPJ Web of Conferences* (2017). [DOI:10.1051/epjconf/201614504004](https://doi.org/10.1051/epjconf/201614504004)

نام مجله: مجله اخترفیزیک

تهیه شده بوسیله: مؤسسه فیزیک و تکنولوژی مسکو

لینک اصلی مطلب: <https://phys.org/news/2017-08-astrophysicists-mysterious-behavior-cosmic-rays.html>

مترجم سوران زوراسنا

¹⁸ Re-Acceleration

¹⁹ Large Hadron Collider (LHC)