یازدهمین کنفرانس

فیزیک آماری

ماده چگال نرم و سیستم‌های پیچیده

۱ و ۲ بهمن‌ماه ۹۹

دانشگاه شهید بهشتی

بررسی کهکشان های سیفرت به عنوان یکی از منابع پرتوهای کیهانی بغایت پرانرژی با استفاده از نرم افزار شبیه سازی سی‌آر پروپا۳ به روش مونت کارلو

سید جلیل الدین فاطمی، دکتری نجوم و اختر فیزیک، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران
پریسا اصغرزاده طالبی، دانشجوی کارشناسی ارشد نجوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

چکیده

در این مقاله فرض شده‌است منابع در یک پوسته‌ی‌کروی در فاصله‌ی 7 تا 11 مگاپارسک در فضای بین کهکشانی به طور تصادفی توزیع شده‌اند. میدان مغناطیسی بین کهکشانی برای شبیه سازی 1 نانو گاوس و نوع طیف میدان کولموگروف با شاخص طیفی $-\frac{11}{3}$ در نظرگرفته شده است. همچنین طول همبستگی در این پژوهش مقدار ثابت 209/6 کیلوپارسک فرض شده‌است. مقایسه‌ی طیف محاسبه شده و داده‌های تجربی حاصل از آرایه‌ها نشان می-دهد که طیف توانی شبیه سازی شده برای شاخص‌های طیفی 2/9 تا 3 در توافق خوبی با داده‌های تجربی است ولی طیف تک انرژی با این داده‌ها مطابقت ندارد. با بررسی نمودار اتلاف انرژی برای طیف تک انرژی سیفرت های شبیه سازی شده مشاهده می‌شود که در انرژی‌های بالاتر از 4×10^{19} الکترون ولت ،اتلاف انرژی ، افزایش قابل ملاحظه‌ای دارد. این اتلاف انرژی با نتایج تجربی مطابقت دارد.در نهایت اینکه کهکشان‌های سیفرت محلی به عنوان یکی از منابع پرتوهای کیهانی ماوراکهکشانی پیشنهاد می‌شود.

مقدمه

در پژوهش حاضر به منظور بررسی کهکشان های سیفرت به عنوان منشا پرتوهای کیهانی بغایت پرانرژی از نرم افزار شبیه سازی سی آر پروپا نسخه 3 استفاده شده است.جهت بررسی این هدف، داده های حاصل از شبیه سازی را با طیف مشاهده شده در زمین مقایسه می کنیم تا به این پرسش پاسخ دهیم که آیا کهکشان های سیفرت می توانند منشا بالاترین انرژی های پرتوهای کیهانی باشند یا خیر؟ به علاوه بشر تا کنون توانسته ذرات را تا انرژی های 10^{14} الکترون ولت شتاب دهد و هنوز شتاب دهنده ای برای انرژی های بالاتر طراحی نشده است. بنابراین بررسی مکانیزم شتابدهندگی ذرات در منشا می تواند نتایج مفیدی در اختیار ما قرار دهد.

نحوه شبیه سازی

نرم افزار شبیه سازی مورد استفاده سی‌آر پروپا به روش مونت کارلو در فضای سه بعدی می باشد. میدان مغناطیسی بین کهکشانی 0/1 تا 100 نانوگاوس می باشد که با بررسی این بازه مقدار 1 نانوگاوس را برای میدان مغناطیسی برنامه انتخاب کردیم.میدان متلاطم یکنواخت به وسیله ی L_c و B_{rms} تعیین می شود. منابع با توزیع پیوسته و چگالی یکنواخت به صورت یک پوسته کروی توخالی فرض شده اند و به صورت اتفاقی توزیع می شوند. منشا هر یک از پروتون ها یک نقطه تصادفی در این پوسته است که جابه جایی قرمز هم برای آن در نظر گرفته شده است. مقادیر L_{min}و L_{max} به ترتیب 10 و 1000 کیلوپارسک در نظرگرفته شده است، که با جایگذاری در رابطه زیر طول همبستگی 209/6 کیلو پارسک به دست می آید.

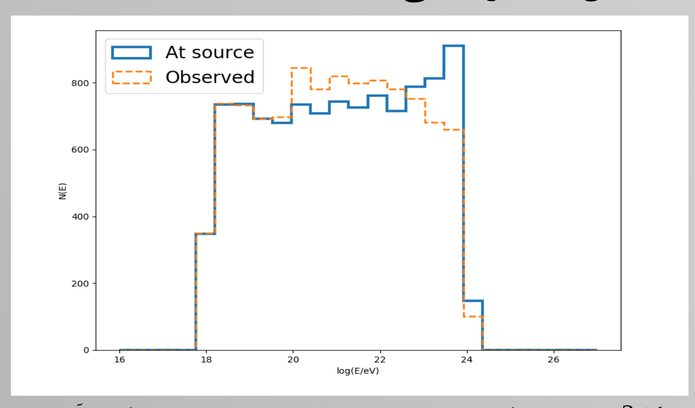
$$L_c = \frac{1}{5} L_{max} \frac{1-(\frac{L_{min}}{L_{max}})^{\frac{5}{3}}}{1-(\frac{L_{min}}{L_{max}})^{\frac{2}{3}}}$$

در اینجا ما مقدار طول همبستگی را ثابت فرض‌کردیم و با فرض اینکه تلاطم ثابت باشد شبیه سازی انجام شده است در این شبیه سازی نوع طیف میدان کولموگروف با اندیس $-\frac{11}{3}$در نظر گرفته شده است. کهکشان های سیفرت نزدیک ،به طور عمده دارای جابه جایی قرمز 0/002 تا 0/004 می باشند ، با استفاده از رابطه ی $r = czH^{-1}$ می‌بینیم که بیشترین احتمال حضور کهکشان‌های سیفرت حدودا در فاصله ی 7 تا 11 مگاپارسکی می باشد.

بررسی طیف توانی انرژی پروتون های شبیه سازی شده

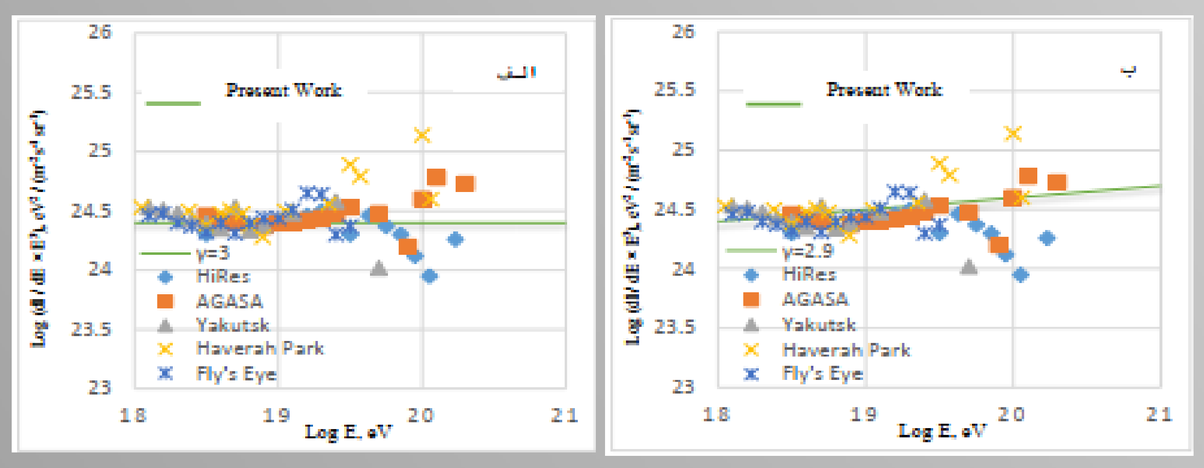
همانطور که در شکل(۲) مشاهده می‌شود،انرژی‌های 10^{18}تا 10^{19}الکترون ولت طیف منبع و مشاهده شده برهم منطبق‌اند و با افزایش انرژی به دلیل اتلاف انرژی در فضای بین کهکشانی، طول تضعیف کاهش می‌یابد (طبق رابطه زیر) و در نتیجه می بینیم انرژی مشاهده شده کاهش بیشتری می یابد.

$$\lambda = \frac{E}{-\frac{dE}{dL}}$$



شکل2: شبیه سازی *طیف* توانی پرتوهای کیهانی بغایت پرانرژی توسط سی آر پروپا.

با توجه به شکل (۲) مقدار شار منبع و شار مشاهده شده را از روی طیف توانی حاصل از شبیه سازی پروتون برای انرژی‌های 10^{18}تا 10^{21}الکترون ولت به دست‌آورده‌ایم. با مقایسه‌ی طیف محاسبه شده با نتایج تجربی حاصل از آرایه های مختلف، همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، برای گستره‌ی شاخص‌های طیفی 2/9 تا 3، نتایج طیف انرژی تجربی با شبیه‌سازی در توافق خوبی با یکدیگر هستند.



شکل۳: (الف) و (ب) مقایسه‌ی طیف آشکارسازی‌شده پرتوهای کیهانی، توسط رصدخانه‌های آگاسا،چشم مگس، هاوارا پارک،هایرز و یاکوتسک با طیف حاصل از شبیه سازی منبع، برای شاخص طیفی 2/9 و 3.

نتیجه گیری

مقایسه‌ی طیف پرتوهای کیهانی شبیه‌سازی شده و طیف اندازه‌گیری شده توسط رصدخانه‌های مختلف نشان می‌دهد که برای شاخص طیفی 2/9 و 3 ، طیف شبیه سازی شده و اندازه گیری شده در توافق خوبی با یکدیگر هستند. برای شاخص طیفی 3، داده‌های حاصل از آگاسا و چشم مگس تطابق خوبی با نمودار حاصل از شبیه سازی دارند. همچنین شاخص طیفی2/9 نیز با داده‌های آگاسا، هاوارا پارک و یاکوتسک تا حد زیادی در تطابق است بنابراین طیف اولیه ذرات برای کهکشان‌های سیفرت محلی به صورت توانی در گسترده‌ی شاخص طیفی 2/9 تا 3 پیشنهاد می کنیم. در کارهای قبلی محدوده‌ی گسترده تری را برای شاخص طیفی شار به دست آمده بود که ما در اینجا توانستیم، گستره‌ی شاخص طیفی محدودتری را پیشنهاد دهیم. همچنین این همخوانی نشانگر تایید این موضوع است که مکانیزم شتابدهی کهکشان‌های سیفرت می تواند گستره‌ی انرژی مورد نظر را به عنوان یکی از منابع احتمالی پرتوهای کیهانی بغایت پرانرژی پوشش دهد.

منابع

[۱] G.Rastegarzadeh, B.Parvizi, M.Sabouhi , "Nutrino -hadron spectrum from the propagation of UHE cosmic rays", *European Physics Journal. Plus* 130, 74, 2015

[2] G. Giacinti, M. Kachelrie, D. V. Semikoz, G. Sigl, "Ultrahigh Energy Nuclei in the Turbulent Galactic Magnetic Field",*arxiv*, 2011