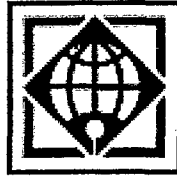


رسالة في

٩٢٠٧

دانشگاه بین المللی امام خمینی



IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

وزارت علوم تحقیقات و فن آوری
دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
دانشکده علوم پایه

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد
فیزیک اتمی و مولکولی

تشخیص پرتوهای کیهانی با بررسی توزیع سطحی ذرات ثانویه بهمن های هوایی

توسط

فاطمه بحرینی داورانی

استاد راهنما

دکتر داوود پورمحمد

استاد مشاور

دکتر رضا میرزایی

اطلاعات آژانس ملی ایست
مستند آرک

۱۳۸۶ / ۹ / ۱۵

مهرماه ۱۳۸۶

۹۹۳ ۵۰۷

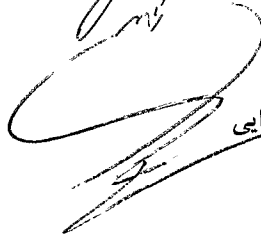
بسمه تعالی

جلسه دفاع از پایان نامه خانم فاطمه بحرینی داورانی با عنوان "تشخیص پرتوهای کیهانی با بررسی توزیع سطحی ذرات ثانویه بهمن های هوایی" در روز شنبه ۱۳۸۶/۷/۷ برگزار گردید و مورد تایید هیات داوران قرار گرفت.

استاد راهنما: دکتر داوود پور محمد



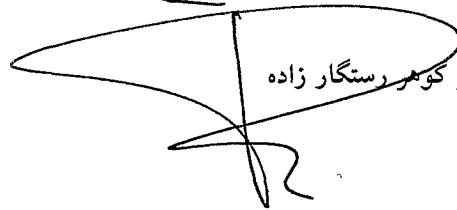
استاد مشاور: دکتر رضا میرزایی



داور داخلی: دکتر هاشم حامدی وفا



داور خارجی: دکتر گوهر رستگار زاده



به او که در ضیافت چشمانش آسمان به زمین می آید؛ مادر
و به او که میهمان بزم آسمانم کرد.
... و به آسمان رفت؛ پدر

این کار را مدیون لطف و توجه استاد ارجمندم جناب آقای دکتر پور محمد هستم. از ایشان بسیار آموختم.
سپاسگزار زحماتشان هستم.

راهنمایی های ارزشمند جناب آقای دکتر میرزایی برایم بسیار راه گشا بود. از ایشان کمال تشکر را دارم.

دوستانم را که بودندشان سبب ساز ماندنم شد فراموش نمی کنم
زهره، بابک، مهدی، ثمره، فرشته، سارا...
برایشان آرزوی بهترین ها را دارم.

چکیده

جداسازی بهمن های هوایی بر اساس نوع ذرات مولد این بهمن ها در درجه اول به دلیل حذف نوفه های مزاحم در نجوم گاما و پس از آن از نظر تعیین ساختار جرمی پرتوهای کیهانی، از اهمیت قابل ملاحظه ای در اختر فیزیک انرژی های بالا برخوردار است. در این کار دو روش جداسازی بر اساس توزیع سطحی ذرات ثانویه دسته هایی از بهمن های شبیه سازی شده بررسی شده اند. در روش اول ممان های مختلف توزیع سطحی ذرات ثانویه برای بررسی امکان جداسازی مورد مطالعه قرار گرفته اند. براساس نتایج به دست آمده در بعضی موارد امکان تفکیک قابل ملاحظه ای از طریق این روش وجود دارد. در بخش دوم روش ارائه شده توسط رستگار زاده و صمیمی بر اساس توزیع فراکتالی ذرات ثانویه بهمن های دارای انرژی 10^{14} eV، برای انرژی های 10^{10} eV و 10^{11} eV بررسی شده است. نتایج محاسبات ما نشان می دهد که این روش در این انرژی ها نیز به نتایج قابل توجهی منجر می شود.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول

- ۱۰..... پرتوهای کیهانی
- ۱۱..... ۱-۱ طیف انرژی
- ۱۵..... ۲-۱ سازوکار فرمی و چگالی انرژی
- ۲۰..... ۳-۱ ترکیبات

فصل دوم

- ۲۴..... پرتوهای گاما
- ۲۴..... ۱-۲ سازوکارهای تولید
- ۲۵..... ۲-۲ چشمه های گاما
- ۲۸..... ۳-۲ گسیل گلمای پخشی از کهکشان راه شیری

فصل سوم

- ۳۰..... بهمن های هوایی
- ۳۱..... ۱-۳ فرایندهای تولید ذرات
- ۳۵..... ۲-۳ معادلات بهمن
- ۳۵..... ۳-۲-۱ معادلات بهمن برای بهمن های الکترومغناطیسی

- ۳۸.....توزیع طولی و عرضی ذرات در بهمن های الکترومغناطیسی.....۲-۲-۳
- ۳۹.....بهمن های هادرونی.....۳-۲-۳

فصل چهارم

- ۴۰.....بررسی امکان جداسازی بهمن های هوایی با مطالعه ممان های توزیع سطحی ذرات ثانویه.....

فصل پنجم

- ۴۷.....توزیع فراکتالی و تبدیل موجک.....
- ۴۷.....۱-۵ فراکتال ها.....
- ۴۹.....۱-۱-۵ خودمتشابهی.....
- ۵۰.....۲-۱-۵ بعد فراکتالی.....
- ۵۶.....۳-۱-۵ بعد جرم.....
- ۵۸.....۲-۵ تبدیل موجک.....

فصل ششم

- ۶۲.....شناسایی بهمن های هوایی با استفاده از بعد فراکتالی توزیع سطحی ذرات ثانویه.....
- ۶۳.....۱-۶ بررسی توزیع مقادیر بعد فراکتالی.....
- ۷۲.....۲-۶ جداسازی بر اساس تحلیل چند متغیره توزیع فراکتالی.....
- ۷۹.....۳-۶ آزمون روش جداسازی.....

- ۸۲.....پیوست.....

- ۹۷.....مراجع.....

فهرست جدول ها

صفحه

عنوان

فصل دوم

جدول ۱-۲: خلاصه ای از فهرست سوم چشمه های گاما که توسط EGRET مشاهده شده.....۲۷

فصل پنجم

جدول ۱-۵: مقادیر به دست آمده برای طول منحنی کخ در تقریب های مختلف.....۵۳

جدول ۲-۵: مقادیر به دست آمده برای سطح منحنی کخ در تقریب های مختلف.....۵۵

فصل ششم

جدول ۱-۶: مقادیر میانگین σ و μ محاسبه شده برای تمام بهمن ها در کلیه حلقه ها و برای انرژی های

مختلف.....۶۶

جدول ۲-۶: مقادیر به دست آمده برای P_1 و P_2 برای چهار ذره مولد بهمن در انرژی های

مختلف.....۷۶

جدول ۳-۶: روابط به دست آمده برای وابستگی پارامترهای P_1 و P_2 به جرم ذره مولد.....۷۸

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
فصل اول	
شکل ۱-۱: طیف انرژی پرتوهای کیهانی.....	۱۱
شکل ۱-۲: طرحی از یک تلسکوپ کوچک پرتوهای کیهانی (بالا) و آشکارساز فضایی دانشگاه شیکاگو(پایین).....	۱۳
شکل ۱-۳: نمایی از آرایه آشکارساز های H.E.S.S.....	۱۴
شکل ۱-۴: تاثیر بادهای خورشیدی بر مگنتوسفر و مسیر پرتوهای کیهانی.....	۱۷
شکل ۱-۵: طیف آهن پرتوهای کیهانی در بیشینه (منحنی پایین) و کمینه (منحنی بالا) فعالیت های خورشیدی.....	۱۸
شکل ۱-۶: توزیع چگالی انرژی در پرتوهای کیهانی (انتگرالده معادله ۱-۷).....	۱۹
شکل ۱-۷: فراوانی نسبی پرتوهای کیهانی بر حسب عدد اتمی.....	۲۰
شکل ۱-۸: فراوانی نسبی عناصر پرتوهای کیهانی (خط تیره) در مقایسه با عناصر منظومه شمسی (خط چین).....	۲۱

فصل دوم

شکل ۱-۲: منابع تابش گاما در حوزه های GeV, TeV و MeV اندازه نشانه ها متناسب با میزان شار چشمه ها است.....	۲۶
--	----

فصل سوم

- شکل ۳-۱: نمایی از نحوه انتشار و آشکارسازی بهمن های هوایی تولید شده با پرتوهای گاما..... ۳۲
- شکل ۳-۲: نمایی ساده از مراحل اولیه شکل گیری یک بهمن هادرونی..... ۳۳
- شکل ۳-۳: تعداد پرتون ها، پایون ها و موئون ها بر حسب عمق..... ۳۴

فصل چهارم

- شکل ۴-۱: نمودار چگالی سطحی ذرات ثانویه بر حسب فاصله از مرکز بهمن علامت های دایره، ضریب رولوزی به ترتیب مربوط به انرژی های 10^{14}eV ، 10^{15}eV و 10^{16}eV هستند..... ۴۱
- شکل ۴-۲: نمودار تغییرات پارامتر a بر حسب جرم اتمی برای انرژی های مختلف. نقاطی که بر روی نمودار با دایره نشان داده شده اند متناظر با مقادیر a محاسبه شده برای تابع چگالی هستند و نقاط لوزی و مربع شکل به ترتیب نشان دهنده مقادیر ممانهای $1/5$ و 1 ام هستند. مرکز هر شکل نشان دهنده مقدار میانگین کمیت محاسبه شده است و طول خطوط برابر با انحراف معیار توزیع این کمیت ها است..... ۴۲
- شکل ۴-۳: نمودار تغییرات پارامتر b بر حسب جرم اتمی برای انرژی های مختلف. توضیحات همانند شکل ۴-۲ است..... ۴۳
- شکل ۴-۴: نمودار تغییرات پارامتر a بر حسب لگاریتم انرژی برای ذرات مختلف مولد بهمن. توضیحات و نشانه ها همانند شکل ۴-۲ است..... ۴۴
- شکل ۴-۵: نمودار تغییرات پارامتر b بر حسب لگاریتم انرژی برای ذرات مختلف مولد بهمن. توضیحات و نشانه ها همانند شکل ۴-۲ است..... ۴۵

فصل پنجم

- شکل ۵-۱: سمت راست تصویر فضایی رشته کوه های هیمالیا و سمت چپ تصویر هوایی مسیر یک رودخانه..... ۴۸

- شکل ۲-۵ : مراحل شکل گیری منحنی کخ..... ۴۹
- شکل ۳-۵ : تخمین طول یک منحنی به وسیله قطعاتی از خط راست..... ۵۱
- شکل ۴-۵ : تقریب طول یک دایره با استفاده از قطعات خط راست..... ۵۱
- شکل ۵-۵ : تقریب اول محاسبه طول منحنی کخ..... ۵۲
- شکل ۶-۵ : تقریب دوم محاسبه طول منحنی کخ..... ۵۲
- شکل ۷-۵ : تقریب سوم محاسبه طول منحنی کخ..... ۵۲
- شکل ۸-۵ : نمودار تغییرات طول منحنی کخ با کوچکتر کردن مقیاس محاسبه..... ۵۳
- شکل ۹-۵ : تقریب اول محاسبه سطح منحنی کخ..... ۵۴
- شکل ۱۰-۵ : تقریب دوم محاسبه سطح منحنی کخ..... ۵۴
- شکل ۱۱-۵ : تقریب سوم محاسبه سطح منحنی کخ..... ۵۴
- شکل ۱۲-۵ : نمودار تغییرات سطح منحنی کخ با کوچکتر کردن مقیاس محاسبه..... ۵۵
- شکل ۱۳-۵ : نتایج حاصل برای اندازه گیری منحنی کخ در ابعاد مختلف..... ۵۶
- شکل ۱۴-۵ : محاسبه بعد جرم در فضاهاى اقلیدسی یک، دو و سه بعدی..... ۵۷
- شکل ۱۵-۵ : نمودار موجک Haar..... ۶۰
- شکل ۱۶-۵ : نمودار موجک کلاه مکزیکی دو بعدی..... ۶۱

فصل ششم

- شکل ۱-۶ : هیستوگرام مقادیر α برای آلومینیوم در حلقه های $0m \leq r \leq 3m$ ، $8m \leq r \leq 10m$ و $20m \leq r \leq 30m$ و $100m \leq r \leq 110m$ ۶۴
- شکل ۲-۶ : هیستوگرام مقادیر α برای گاما توضیحات همانند شکل ۱-۶ است..... ۶۵
- شکل ۳-۶ : نمودار تغییرات بعد فراکتالی بر حسب جرم اتمی برای انرژی های مختلف در ناحیه اول. نقاط دایره، مربع و لوزی شکل به ترتیب نشان دهنده مقادیر بعد فراکتالی در شعاع های $0 \leq r \leq 3m$ ، $4 \leq r \leq 6m$ و $8 \leq r \leq 10m$ هستند. میله های خطا نشان دهنده انحراف معیار مقادیر هستند..... ۶۷
- شکل ۴-۶ : نمودار تغییرات بعد فراکتالی بر حسب جرم اتمی برای انرژی های مختلف در ناحیه دوم. نقاط دایره، مربع و لوزی شکل به ترتیب نشان دهنده حلقه های $20 \leq r \leq 30m$ ، $50 \leq r \leq 60m$ و $100 \leq r \leq 110m$ هستند. توضیحات همانند شکل ۳-۶ است..... ۶۸

- شکل ۵-۶: تغییرات بعد فراکتالی بر حسب لگاریتم انرژی برای ذرات مختلف در ناحیه اول. نقاط دایره، مربع و لوزی شکل به ترتیب نشان دهنده مقادیر بعد فراکتالی در شعاع های $0 \leq r \leq 3m$ ، $4 \leq r \leq 6m$ و $8 \leq r \leq 10m$ هستند. توضیحات همانند شکل ۳-۶ است. ۶۹.....
- شکل ۶-۶: تغییرات بعد فراکتالی بر حسب لگاریتم انرژی برای ذرات مختلف در ناحیه دوم. نقاط دایره، مربع و لوزی شکل به ترتیب نشان دهنده حلقه های $20 \leq r \leq 30m$ ، $50 \leq r \leq 60m$ و $100 \leq r \leq 110m$ هستند. توضیحات همانند شکل ۳-۶ است. ۷۰.....
- شکل ۷-۶: نمودار تغییرات بعد فراکتالی بر حسب فاصله از مرکز بهمن برای انرژی های مختلف. نشانه های دایره، مربع، لوزی و ضربدر شکل به ترتیب برای ذرات Gamma، Pr، Al و Fe به کار رفته اند. ۷۱.....
- شکل ۸-۶: هیستوگرام مقادیر μ_i برای بهمن های با مولدهای مختلف در کلیه انرژی ها. ۷۲.....
- شکل ۹-۶: هیستوگرام مقادیر σ_i برای بهمن های با مولدهای مختلف در کلیه انرژی ها. ۷۳.....
- شکل ۱۰-۶: هیستوگرام مقادیر μ_o برای بهمن های با مولدهای مختلف در کلیه انرژی ها. ۷۴.....
- شکل ۱۱-۶: هیستوگرام مقادیر σ_o برای بهمن های با مولدهای مختلف در کلیه انرژی ها. ۷۴.....
- شکل ۱۲-۶: هیستوگرام مقادیر به دست آمده برای M_{est} با p_1 و p_2 محاسبه شده برای هر مولد از بهمن های زیر گروه اول. ۷۷.....
- شکل ۱۳-۶: هیستوگرام مقادیر M_{est} با $p_1(m)$ و $p_2(m)$ (جدول ۳-۶) برای هر مولد از بهمن های زیر گروه دوم. ۸۰.....

مقدمه

مطالعه دقیق بهمن های هوایی به دلیل وابستگی زیاد نجوم گاما و همچنین فیزیک پرتوهای کیهانی، که شامل ذرات باردار هسته های اتم ها می شوند، به این پدیده ها همواره مورد توجه است. بهمن هوایی نتیجه اندرکنش های بی شماری است که در اثر ورود تابش کیهانی پر انرژی به جو زمین روی می دهد. بنابراین برای دسترسی به اطلاعاتی که ذرات مولد این بهمن ها یعنی فوتون های گاما یا پرتوهای کیهانی از محیط های درون و برون کهکشانی با خود می آورند نیازمند بررسی این بهمن ها هستیم.

فوتون های گاما با حفظ مسیرشان تا زمین می توانند اطلاعاتی در مورد چشمه به ما برسانند اما پرتوهای کیهانی به علت وجود میدان های مغناطیسی در محیط های بین ستاره ای نمی توانند جهت چشمه را نشان دهند از این رو پرتوهای کیهانی همواره به عنوان یک نوفه مزاحم در نجوم گاما مطرح بوده اند که لزوم جداسازی بهمن های هوایی با ذرات مولد گاما از بهمن های هوایی با منشاء پرتوهای کیهانی را مطرح می کند. از طرفی بررسی فیزیک پرتوهای کیهانی و تعیین ساختار جرمی آنها جهت فهم درستی مدل هایی که در مورد حوزه های شتاب این ذرات وجود دارد الزامی است. مدل های نظری وجود انرژی های در حدود 10^{10} eV در طیف پرتوهای کیهانی را با بیشترین انرژی که در اثر شتاب گرفتن ذرات در محیط های باقیمانده از انفجار ابر نواختر ها به وجود می آید مطابق می دانند. در چنین انرژی هایی تغییراتی در ساختار جرمی پرتوهای کیهانی پیش بینی می شود که این تغییرات از طریق مشاهده نیز تایید شده است. بنابراین تعیین نوع ذره مولد بهمن برای بهمن های با منشاء پرتوهای کیهانی در حوزه این انرژی ها بسیار مهم است.

روش ها و تکنیک های مختلفی برای تعیین ذرات مولد بهمن ها مورد استفاده قرار می گیرد. موئون های

موجود در بهمن برای جداسازی بهمن های با منشاء گاما از بهمن های با منشاء پرتوهای کیهانی مورد استفاده قرار می گیرند [۹]. پارامتر های مختلف بهمن از قبیل توزیع عرضی تابش چرنکوف [۲۰]، توزیع عرضی ذرات باردار در مرکز بهمن [۱۱، ۶۸] و یا تعیین بعد فراکتالی توزیع ذرات ثانویه [۱۴، ۱۸] برای جداسازی بهمن ها و تعیین ترکیب پرتوهای کیهانی مولد آنها مورد استفاده قرار گرفته است.

ماهیت کتره ای برهمکنش های بیشمار موجود در هر بهمن پراکندگی زیادی در مقادیر به دست آمده برای پارامتر های مورد بررسی به وجود می آورد. بنابر این نتایجی که از بررسی یک بهمن به دست می آید قابل اتکا نیست و همواره بررسی ای چندگانه از مجموعه ای از بهمن ها مورد نیاز است.

در این کار دو روش جداسازی بر اساس توزیع ذرات ثانویه مورد بررسی قرار گرفته است. در روش اول ممان های مختلف توزیع سطحی ذرات ثانویه مورد مطالعه قرار گرفته اند. این روش منجر به نتیجه کلی که قابل استفاده در کلیه موارد باشد نمی شود. اما در مورد بهمن های دارای مولدهای با تفاوت جرمی زیاد می تواند تفکیک قابل توجهی ارائه دهد. روش دوم که در کاری که توسط رستگار زاده و صمیمی [۱۸] انجام شده است، معرفی شده امکان جداسازی بهمن ها را بر اساس تحلیل موجکی ساختار فراکتالی توزیع ذرات ثانویه در انرژی 10^{14} eV فراهم می آورد. در تحقیق حاضر این روش برای انرژی های 10^{10} eV و 10^{11} eV بررسی شده که بر اساس نتایج به دست آمده توانایی این روش برای جداسازی در این انرژی ها نیز قابل ملاحظه است.

بهمن های هوایی که در این کار مورد بررسی قرار گرفته اند توسط کد شبیه سازی CORSIKA که از برنامه های معتبر مورد استفاده محققان در زمینه شبیه سازی بهمن های هوایی بر اساس روش های مونت کارلو است تولید شده اند. ۱۴۰۰ بهمن با سه انرژی 10^{14} eV، 10^{10} eV و 10^{11} eV و برای پنج ذره اولیه آهن، آلومینیوم، آلفا، پروتن و گاما شبیه سازی شده اند (به جز ذره آلفا در انرژی 10^{10} eV) به گونه ای که برای هر ذره اولیه دارای یک انرژی مشخص تعداد ۱۰۰ بهمن شبیه سازی شده داشته ایم. همه بهمن ها دارای زاویه ورود به جو یکسان صفر درجه بوده اند. و توزیع سطحی ذرات ثانویه در ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا در نظر گرفته شده. برای اجتناب از پیچیدگی های ناشی از احتساب ذرات ثانویه مختلف تنها توزیع الکترون ها و پزیترون های ثانویه مورد محاسبه قرار گرفته [۲].

پرتوهای کیهانی

در هر ثانیه در حدود ۱۰۰۰ ذره از پرتوهای کیهانی با هر متر مربع از جو زمین برخورد می کند. این پرتوها هسته اتم هایی هستند که الکترون های اطرافشان را در طول مسافرتی که در فضای کیهانی در سرعت های بسیار بالا داشته اند از دست داده اند. ۹۰ درصد این ذرات را پروتون، ۹ درصد را ذرات آلفا و ۱ درصد بقیه را هسته های سنگین تر تشکیل می دهند. این ذرات به وسیله انرژی بسیار زیادشان قابل تشخیص هستند. اکثر پرتوهای کیهانی ذراتی نسبیاتی اند و دارای انرژی ای قابل مقایسه و تا حدی بیشتر از انرژی سکونشان هستند. تعداد کمی از این ذرات دارای انرژی های فوق نسبیاتی ای هستند که تا حدود 10^{20} eV می رسد. این انرژی 10^9 بار بزرگتر از انرژی پر انرژی ترین ذرات تولید شده در قوی ترین شتابدهنده های روی زمین است.

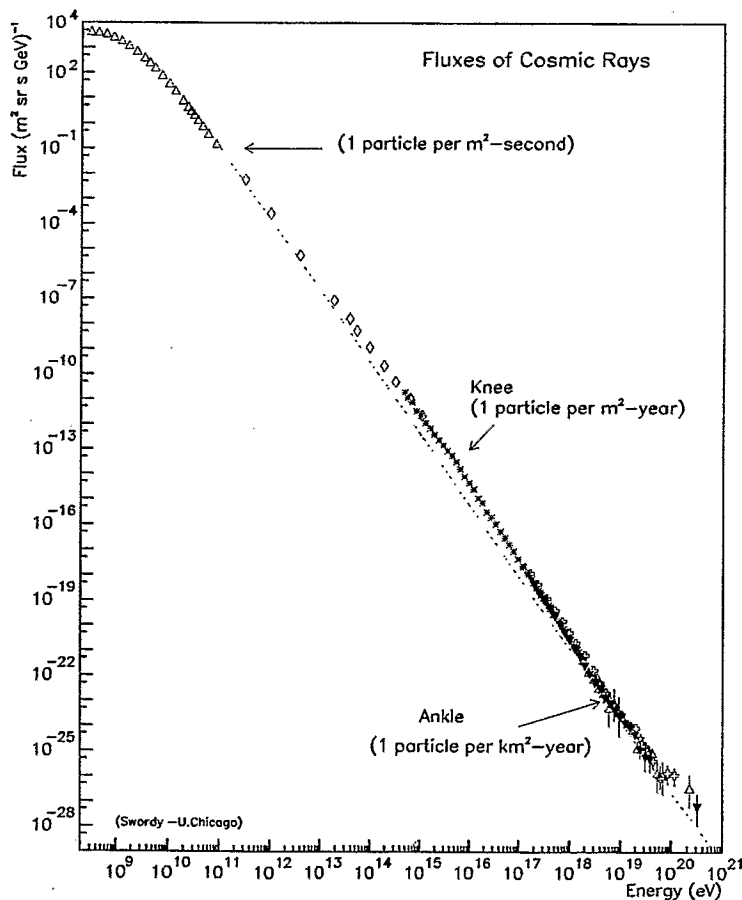
پرتوهای کیهانی یکی از معدود نمونه هایی از مواد هستند که ما به طور مستقیم از خارج منظومه شمسی به دست می آوریم. این پرتوها شامل عناصری هستند که به ندرت در طیف سنجی ستاره ها مشاهده می شود. این پرتوها اطلاعات مهمی در مورد تحول شیمیایی کیهان در اختیار ما قرار می دهند. نقشه آسمان در پرتوهای کیهانی کاملاً یکنواخت است به گونه ای که در همه نواحی چگالی یکسانی از این ذرات وجود دارد علت این امر تاثیر میدان های مغناطیسی متعدد کهکشانی، منظومه شمسی و زمین بر مسیر این ذرات است. همین تاثیرات باعث می شود که نتوان جهت منبع این پرتوها را در آسمان مشخص کرد.

از آنجا که پرتوهای کیهانی به طور مستقیم منبعشان را نشان نمی دهند ما مجبور به استفاده از روش های غیر مستقیم برای شناخت منابع آن ها و همچنین تعیین مشخصات مسیر انتشار آن ها در کهکشان هستیم. اطلاعات اساسی ای که از روی آن ها می توان اطلاعاتی در مورد منابع پرتوهای کیهانی به دست آورد شامل تعیین ترکیب

عناصر تشکیل دهنده این پرتوها و همچنین ویژگی های طیف انرژی آن ها است. از مطالعه ترکیبات تشکیل دهنده اجرام آسمانی مختلف مانند خورشید، محیط بین ستاره ای، ابرنواخترها و یا ستاره های نوترونی و مقایسه آن ها با ترکیبات موجود در پرتوهای کیهانی می توان سرنخ هایی از منابع این پرتوها به دست آورد. با مطالعه طیف انرژی این ذرات می توان مکانیزم های شتاب دهنده آن ها را شناسایی کرد.

۱-۱ طیف انرژی

در شکل ۱-۱ طیف انرژی پرتوهای کیهانی نشان داده شده است. این طیف با یک رابطه توانی توصیف می شود که در دو ناحیه دارای خمیدگی است. شیب این منحنی در انرژی های حدود 10^{10}eV که به زانوی طیف معروف است افزایش می یابد و در 10^{18}eV ، در قوزک طیف، کاهش پیدا می کند.



شکل ۱-۱: طیف انرژی پرتوهای کیهانی. [۱]

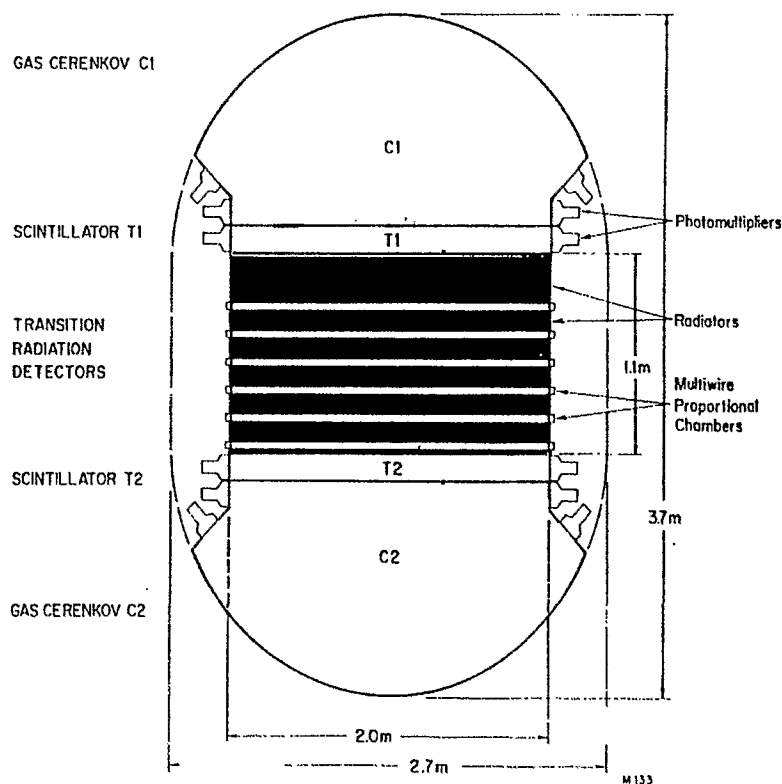
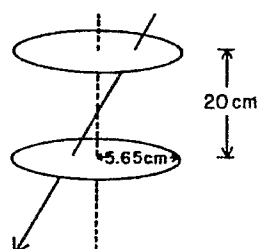
هر نظریه ای در مورد منشاء پرتوهای کیهانی باید در تطابق با شکل منحنی انرژی باشد. در حال حاضر نظریه ای که بیشتر مورد قبول است این است که تعدادی از پرتوهای کیهانی در داخل کهکشان شتاب گرفته اند و گروهی خارج از کهکشان.

پرتوهای کیهانی دارای انرژی های بسیار زیاد، محدوده قوزک طیف، دارای شعاع های چرخشی هستند که ناشی از میدان های مغناطیسی کهکشانی ای بزرگتر از میدان های کهکشان ماست و نشان می دهد این ذرات از فضاها خارج از کهکشان نشأت گرفته اند. منشاء این ذرات هنوز با قطعیت مشخص نشده و فرایند های شتاب دهنده آن ها هنوز ناشناخته است. شار این ذرات بسیار کم است به عنوان مثال ذرات با انرژی های بیشتر از 10^{19}eV با نرخ در حدود یک ذره در یک کیلومتر مربع در یک قرن به زمین می رسند. نظریه هایی وجود دارد که این ذرات را به منابعی مانند هسته های فعال کهکشانی، کهکشان های رادیویی قوی، خوشه های کهکشانی و یا ریسمان های کیهانی نسبت می دهند. به نظر می رسد این منابع انرژی لازم برای شتاب دادن به ذرات در چنین انرژی هایی را داشته باشند اما هنوز رابطه مستقیمی بین این نظریات و مشاهدات یافت نشده است. این یکی از زمینه هایی است که تحقیقات در آن جریان دارد و هر روزه آشکارسازهای جدید تر و حساس تری برای جمع آوری اطلاعات بیشتر در این زمینه توسط دانشمندان به کار گرفته می شود.

ذرات محدوده زانوی طیف دارای انرژی های پایین تری هستند و از منابعی درون کهکشان سرچشمه می گیرند. بقایای ابرنواخترها یکی از مکان های شتاب گرفتن پرتوهای کیهانی هستند. در واقع دلایلی وجود دارد که حداقل تا حدود انرژی های 10^{16}eV بیشتر ذرات در بقایای ابرنواخترها شتاب گرفته اند. انرژی تولید شده در انفجار ابرنواخترها بیشتر از مقدار مورد نیاز برای برای شتاب گرفتن پرتوهای کیهانی تا انرژی های 10^{16}eV است. همچنین ابرنواخترها تقریباً در تمامی کهکشان پراکنده اند. بنابراین منطقی است که آن ها را مسئول انتشار پرتوهای کیهانی در تمام کهکشان بدانیم. این نظریه پس از مشاهده تابش سنکروترونی ناشی از شتاب گرفتن ذرات پرتوهای کیهانی در میدان مغناطیسی بقایای ابرنواخترها به اثبات رسید. برای انرژی ای در حدود انرژی پرتوهای کیهانی و میدان های مغناطیسی در حدود میدان های موجود در محیط ابرنواخترها این تابش در حدود گستره پرتوی ایکس است. سایر منابع کهکشانی مانند تپ اخترها، دوتایی ها، میکرو کوازارها نیز می توانند محیط های مناسبی را برای شتاب گرفتن ذرات در حدود این انرژی ها فراهم کنند بنابراین کاملاً ممکن است که این منابع نیز سهم قابل توجهی در تولید پرتوهای کیهانی داشته باشند.

با نگاهی اجمالی به نمودار شکل ۱-۱ در می یابیم که مجموعه ای از چندین نوع آشکارساز متفاوت برای مطالعه پرتوهای کیهانی در این گستره وسیع از انرژی ها لازم است.

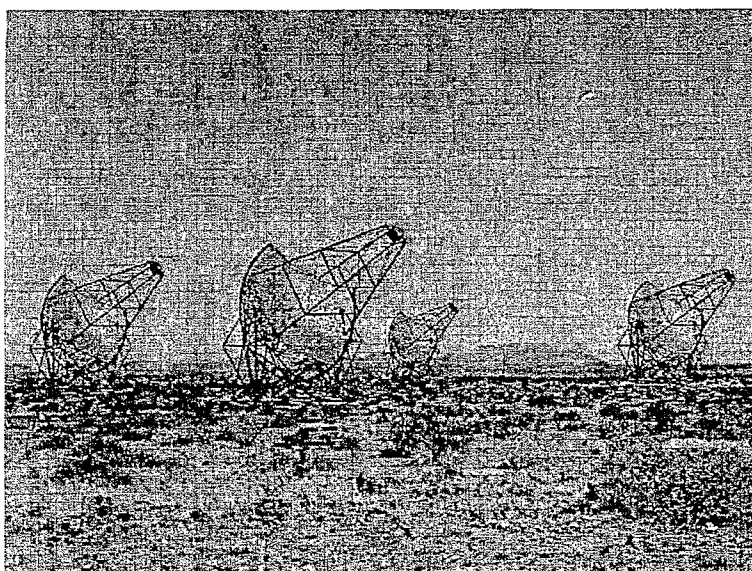
در انرژی های در حدود 1 GeV در حدود 10 ذره در هر ثانیه از آشکارسازی که شامل دو صفحه تخت به مساحت 100 cm^2 است که به فاصله 20 cm از هم قرار گرفته اند، می گذرد. بنابراین آشکارسازی کوچک که در رون یک بالون به بالای جو فرستاده شده است برای مشاهده ذراتی با این انرژی ها مناسب است.



شکل ۱-۲: طرحی از یک تلسکوپ کوچک پرتوهای کیهانی (بالا) و آشکارساز فضایی دانشگاه شیکاگو (پایین). [۱۰]

در مقابل در انرژی های کمی بالاتر به عنوان مثال یکی از آشکارسازهایی که در بالای جو مورد استفاده قرار گرفته آشکارساز آزمایشگاه فضایی دانشگاه شیکاگو است. این مجموعه با فضاییمای challenger از ۲۹ جولای تا ۶ اگوست ۱۹۸۵ به پرواز در آمد و در طی این مدت در حدود ۹۴ ساعت به آشکارسازی پرداخت. این آشکارساز دارای روزنه ای در حدود $2\text{m}^2\text{sr}$ است. با توجه به شکل ۱-۱ می توان محاسبه کرد که در طول مدت آشکارسازی در حدود 100000 ذره با انرژی های در حدود TeV از این آشکارساز عبور کرده اند. شیب منحنی طیف انرژی چنان زیاد است که تنها در حدود 50 ذره با انرژی های بالاتر از 100TeV در طی این مدت پرواز از آشکارساز گذشته اند و بیشتر این ذرات دارای باری کمتر از بار آستانه آشکارساز که برای هسته های سنگین طراحی شده بود، بوده اند. [۱۰]

مطالعه پرتوهای کیهانی با انرژی های بالاتر نیاز به آشکارسازهایی با سطوح وسیع تر و زمان های آشکارسازی طولانی تر دارد. در حال حاضر تنها راه غلبه بر مشکل شار پایین ذرات در انرژی های بالا ساختن آشکارسازها بر روی سطح زمین است. چنین آشکارسازهایی آرایه های بهمن هوایی نامیده می شوند و می توانند سطوحی در حدود چندین کیلومتر مربع را پوشش دهند و زمان آشکارسازی آن ها را تنها میزان حوصله آزمایش کنندگان و بودجه های تحقیقاتی محدود می کند. این آرایه ها نمی توانند پرتوهای کیهانی اولیه را به طور مستقیم آشکار کنند بلکه بارش های ذرات ثانویه تولید شده توسط این ذرات که بهمن های هوایی نامیده می شوند را دریافت می کنند.



شکل ۱-۳: نمای از آرایه آشکارساز های H.E.S.S. [۵]