دانشگاه بیرجند
دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک گرایش نجوم

عنوان:

مطالعه فوتون‌ها با انرژی $E > 10^{19}$ eV توسط بهمن های گسترده هوایی آرایه یاکوتسک

استادان راهنما:

دکتر کاظم نفیسی
دکتر سید جلیل الدین فاطمی

نگارش:

سوده تشکری زاده

اسفند ماه 1390

بسم الله الرحمن الرحيم

تشکر و قدردانی

صدها فرشته بوسه بر آن دست می زند

کـز کـار خـلق یک گـره بـسته وا کند

سپاس مخصوص خداوند مهربان که به انسان توانایی و دانایی بخشید تا به بندگانش شفقت ورزد، مهربانی کند و در حل مشکلاتشان یاری شان نماید، از راحت خویش بگذرد و آسایش هم نوعان را مقدم دارد و خوش باشد که پروردگار سمیع و بصیر است.

اکنون که به لطف و یاری خداوند، مراحل انجام این پایان نامه به اتمام رسیده است، برخود لازم می دانم از استاد بزرگوار و ارزشمندم جناب آقای دکتر سید جلیل الدین فاطمی که دلسوزانه با نظرات ارزشمند و راهنمایی های راه گشایشان مرا در راستای انجام این پروژه کمک کردند، تشکر وقدردانی کنم و همچنین از تلاش های دلسوزانه جناب آقای دکتر نفیسی که مسئولیت راهنمایی و مشاوره این پایان نامه را پذیرفتند کمال تشکر را دارم.

از مساعدت و همراهی جناب آقای دکتر دوست محمدی و داوران محترم که قبول زحمت فرمودند، سپاسگزارم.

از پدر و مادر عزیزتر از جانم، همسر عزیزم، خواهر مهربانم و برادر دوست داشتنی‌ام که در ثمر رساندن این دوره از زندگی ام همراهم بودند و از دوستان عزیزم، که همواره در این مدت، همراه و همدمم بودند، تشکر می‌کنم.

تقدیم به

پدرم:

که از نگاهش صلابت، از رفتارش محبت و از صبرش ایستادگی آموختم.

مادرم:

دریای بیکران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.

همسرم:

که سایه مهربانش سایه ساز زندگیم می باشد، او که اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمود.

برادر و خواهرم:

که وجودشان شادی بخش و صفایشان مایه آرامش من است.

و پسرم به طراوات شبنم.

چکیده

مؤلفه‌های الکترونی و میونی بهمن‌های گسترده هوایی با انرژی‌های بالای 10^{19} الکترون ولت توسط آرایه‌های بزرگ از بهمن‌های گسترده هوایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. ویژگی‌های متفاوتی از بهمن‌ها برای دو گستره انرژی مشاهده شده است: بالاتر و پایین‌تر از $(3\text{-}4)\times10^{19}$ الکترون ولت. پارامتر عمر، وابستگی اندازه بهمن به اندازه میونی و وابستگی اندازه بهمن به انرژی اولیه، یک افزایش ترکیب جرمی در انرژی بالای $(3\text{-}4)\times10^{19}$ الکترون ولت نشان می‌دهد. از مقایسه نتایج مشاهده شده از بهمن‌های گسترده هوایی با شبیه سازی کپدویل و شینوزاکی ماکزیمم کسر فوتونی 20% برای انرژی‌های اولیه بالاتر از 10^{19} الکترون ولت به دست می‌آید. جهت‌های ورودی بهمن‌ها با انرژی‌های بالای 4×10^{19} الکترون ولت به صفحه ابرکهکشان اشاره دارد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

1-1 مقدمه ----------2
2-1 شرح موضوع ----------5
3-1 معرفی سر فصل‌های پایان نامه - ۶

فصل دوم: پرتوهای کیهانی

2-1 تاریخچه کشف پرتوهای کیهانی ----------8
2-2 طیف پرتوهای کیهانی ---------- 10
2-3 پرتوهای کیهانی بسیار پرانرژی ---------- 13
2-4 ترکیبات جرمی پرتوهای کیهانی ---------- 14
2-5 منابع پرتوهای کیهانی ---------- 16
2-5-1 منابع کهکشانی ---------- 16
2-5-2 منابع ماوراء کهکشانی ---------- 17
2-6 آشکارسازی پرتوهای کیهانی ---------- 17
2-7 خطرات پرتوهای کیهانی برای سلامتی خدمه و مسافران هواپیما ---------- 18

فصل سوم: بهمن های گسترده هوایی

3-1 بهمن‌های گسترده هوایی ---------- 21
3-2 مکانیسم تولید ذره ---------- 27
3-2-1 تابش ترمزی ---------- 27
3-2-2 تولید زوج ---------- 28

3-2-3 تابش چرنکوف---------- 29
3-3 آرایه‌های بهمن‌های گسترده هوایی ---------- 29
3-4 مجموعه آشکارسازهای یا کوتسک، هاوراپارک و ولکانورنچ---------- 30
3-4-1 مجموعه آشکارسازهای یاکوتسک ---------- 30
3-4-2 مجموعه آشکارسازهای هاوراپارک ---------- 38
3-4-3 مجموعه آشکارسازهای ولکانورنچ ---------- 41
3-5 پروژه پیراوژه ---------- 42

فصل چهارم: پارامترهای مختلف و ترکیبات جرمی بهمن‌های گسترده هوایی با انرژی بالاتر از 10^{19} الکترون ولت

4-1 گسترش بهمن‌های هوایی ---------- 44
4-1-1 گسترش طولی بهمن ---------- 44
4-1-2 گسترش عرضی بهمن ---------- 44
4-2 پارامتر عمر ---------- 45
4-3 تعیین اندازه بهمن و پارامتر عمر بهمن‌های گسترده هوایی آرایه یاکوتسک ---------- 46
4-4 تعیین اندازه بهمن و پارامتر عمر بهمن‌های گسترده هوایی دو آرایه هاوراپارک و ولکانورنچ --- 49
4-5 بررسی ترکیبات جرمی (MC) پرتوهای کیهانی با انرژی ذره اولیه بالاتر از 10^{19} الکترون ولت 52
4-5-1 نمودارهای پارامتر عمر برحسب انرژی ذره اولیه‌ی بهمن‌های گسترده هوایی آرایه‌های یاکوتسک و هاوراپارک در سطح دریا و ولکانورنچ در ارتفاع 1700 متری از سطح دریا ---------- 52
4-5-2 نمودارهای اندازه بهمن برحسب انرژی ذره اولیه‌ی بهمن‌های گسترده هوایی آرایه‌های یاکوتسک و هاوراپارک در سطح دریا و ولکانورنچ در ارتفاع 1700 متری از سطح دریا - - ۵۸

فصل پنجم: مؤلفه میونی بهمن‌های گسترده هوایی آرایه یاکوتسک

5-1 مولفه میونی ---------- 66

5-2 محاسبه اندازه میونی بهمن‌های گسترده هوایی آرایه یاکوتسک ---------- 68

5-3 مقایسه نتایج حاصل از دو فرمول هایاشیدا و لوکزاک با نتایج شبیه سازی میونی کپدویل برای آهن، پروتون و پرتو گاما ---------- 72

5-4 محاسبه $\rho_?$ (1000) بهمن‌های گسترده هوایی آرایه یاکوتسک ---------- 74

5-5 مقایسه نتایج حاصل از فرمول سپانیتسکی با نتایج شبیه سازی میونی شینوزاکی ---------- 75

5-6 ضرورت بررسی دو مدل top-down و bottom – up ---------- 76

5-6-1 مدل top-down (مدل غیرشتابی) ---------- 77

5-6-2 مدل bottom-up (مدل شتابی) ---------- 77

نتیجه گیری ---------- 80

منابع و مراجع ---------- 81

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل 1-1 تدارک ویکتورهس برای انجام آزمایش ----------3

شکل 2-1 طیف انرژی پرتوهای کیهانی ---------- 10

شکل 2-2 طیف انرژی پرتو کیهانی در بالای جو ---------- 12

شکل 2-3 مقایسه عناصر موجود در پرتوهای کیهانی و منظومه شمسی ----------15

شکل 2-4 روش‌های آشکارسازی پرتوهای کیهانی ---------- 18

شکل 3-1 بهمن هوایی ناشی از فوتون ---------- 22

شکل 3-2 بهمن هوایی ناشی از پروتون ---------- 23

شکل 3-3 مدل هیتلر که گسترش یک بهمن الکترو مغناطیسی را نشان می‌دهد ---------- 24

شکل 3-4 تصویر کلی از یک بهمن هوایی را نشان می‌دهد. در این بهمن سه نوع آبشار مشاهده می شود ---------- 25

شکل 3-5 آرایه آشکارسازهای بهمن های گسترده هوایی ---------- 30

شکل 3-6 نقشه مجموعه آشکارسازهای یاکوتسک ---------- 31

شکل 3-7 نقشه قسمت مرکزی مجموعه آشکارسازهای یاکوتسک ---------- 31

شکل 3-8 نمونه ای از طرح محل آرایه آشکارسازهای یاکوتسک و جدول یک بهمن هوایی ثبت شده در کاتالوگ داده ها ---------- 34

شکل 3-9 نمودار توزیع بهمن‌های هوایی آرایه یاکوتسک بر حسب زاویه سمتی آن‌ها ------- 36

شکل 3-10 نمودار توزیع انرژی ذره اولیه بهمن‌های هوایی آرایه یاکوتسک ---------- 37

شکل 3-11 نمودار توزیع بهمن‌های آرایه یاکوتسک بر حسب زاویه سمت الرأس ---------- 37

شکل 3-12 نقشه آشکارسازهای مجموعه هاوراپارک ---------- 38

شکل 3-13 نمودار توزیع بهمن‌های هوایی آرایه هاوراپارک بر حسب زاویه سمت الرأس ----- 40

شکل 3-14 نمودار توزیع بهمن‌های هوایی آرایه ولکانورنچ برحسب زاویه سمت الرأس ------- 41
شکل 4-1 همخوانی چگالی های الکترونی یک بارش هوایی با فرمول NKG ---------- 47
شکل 4-2 نمودار پارامتر عمر بهمن‌ها برحسب انرژی ذره اولیه برای زوایای سمت الرأس کمتر از 30 درجه از آرایه یاکوتسک ---------- 53
شکل 4-3 نمودار پارامتر عمر بهمن‌ها برحسب انرژی ذره اولیه برای زوایای سمت الرأس بیشتر از 30 درجه از آرایه یاکوتسک ---------- 53
شکل 4-4 نمودار پارامتر عمر بهمن‌ها برحسب انرژی ذره اولیه برای زوایای سمت الرأس کمتر از 30 درجه از آرایه هاوراپارک ---------- 55
شکل 4-5 نمودار پارامتر عمر بهمن‌ها برحسب انرژی ذره اولیه برای زوایای سمت الرأس بیشتر از 30 درجه از آرایه هاوراپارک ---------- 55
شکل 4-6 نمودار پارامتر عمر بر حسب انرژی ذره اولیه برای زوایای سمت الرأس کمتر از 30 درجه از آرایه ولکانورنچ ---------- 56
شکل 4-7 نمودار پارامتر عمر بر حسب انرژی ذره اولیه برای زوایای سمت الرأس بیشتر از 30 درجه از آرایه ولکانورنچ ---------- 57
شکل 4-8 نمودار اندازه بهمن بر حسب انرژی اولیه برای زوایای سمت الرأس کمتر از 30 درجه از آرایه یاکوتسک ---------- 58
شکل 4-9 نمودار اندازه بهمن بر حسب انرژی اولیه برای زوایای سمت الرأس بیشتر از 30 درجه از آرایه یاکوتسک ---------- 59
شکل 4-10 نمودار اندازه بهمن بر حسب انرژی اولیه برای زوایای سمت الرأس کمتر از 30 درجه از آرایه هاوراپارک ---------- 59
شکل 4-11 نمودار اندازه بهمن بر حسب انرژی اولیه برای زوایای سمت الرأس بیشتر از 30 درجه از آرایه هاوراپارک ---------- 60

شکل 4-12 نمودار اندازه بهمن بر حسب انرژی اولیه برای زوایای سمت الرأس کمتر از 30 درجه از آرایه ولکانورنچ ---------- 60
شکل 4-13 نمودار اندازه بهمن بر حسب انرژی اولیه برای زوایای سمت الرأس بیشتر از 30 درجه از آرایه ولکانورنچ ---------- 61
شکل 4-14 نمودار اندازه بهمن برحسب انرژی اولیه برای زوایای سمت الرأس کمتر و بیشتر از 30 درجه از آرایه یاکوتسک ---------- 62
شکل5-1 دیاگرامی ساده که تعداد ذرات بهمن را نشان می دهد ---------- 67
شکل 5-2 اطلاعات میونی یک بهمن هوایی آرایه یاکوتسک ثبت شده در کاتالوگ داده‌ها ---- 69
شکل 5-3 نمودار اندازه میونی بر حسب اندازه بهمن برای هر دو فرمول LDF میونی و مقایسه با نتایج کار شبیه‌سازی میونی کپدویل برای آهن، پروتون و پرتوگاما ---------- 72
شکل 5-4 نمودار نتایج شبیه‌سازی میونی کپدویل ---------- 73
شکل 5-5 نمودار نتایج شبیه‌سازی میونی شینوزاکی ---------- 75
شکل 5-6مقایسه کسر محاسبه شده ی 10^{-19}× E_0 /(1000)؟ با استفاده از LDF میونی سپانیتسکی با نتایج محاسبه همین کسر از شبیه‌سازی شینوزاکی ---------- 76
شکل 5-7 توزیع پرتوهای کیهانی با انرژی‌های بالا برحسب عرض کهکشان راه شیری ------- 78
شکل 5-8 توزیع پرتوهای کیهانی با انرژی‌های بالا برحسب عرض ابر کهکشان ---------- 79

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول 2-1 سه نقطه شکست طیف انرژی پرتوهای کیهانی ---------- 10

جدول 4-1 اطلاعات بهمن‌های گسترده هوایی آرایه یاکوتسک با زاویه سمت الرأس کمتر از 30 درجه ---------- 48

جدول 4-2 اطلاعات بهمن‌های گسترده هوایی آرایه یاکوتسک با زاویه سمت الرأس بیشتر از 30 درجه ---------- 48

جدول 4-3 اطلاعات بهمن‌های گسترده هوایی آرایه هاوراپارک با زاویه سمت الرأس کمتر از 30 درجه ---------- 50

جدول 4-4 اطلاعات بهمن‌های گسترده هوایی آرایه هاوراپارک با زاویه سمت‌الرأس بیشتر از 30 درجه ---------- 50

جدول 4-5 اطلاعات بهمن‌های گسترده هوایی آرایه ولکانورنچ با زاویه سمت‌الرأس کمتر از 30درجه ---------- 51

جدول 4-6 اطلاعات بهمن‌های گسترده هوایی آرایه ولکانورنچ با زاویه سمت‌الرأس بیشتر از 30 درجه ---------- 51

جدول 4-7 تعداد الکترون‌ها برحسب انرژی اولیه‌ی بهمن‌های گسترده هوایی از آرایه یاکوتسک -63

جدول 4-8 تعداد الکترون‌ها برحسب انرژی اولیه‌ی بهمن‌های گسترده هوایی از آرایه هاوراپارک 63

جدول 4-9 تعداد الکترون‌ها بر حسب انرژی اولیه‌ی بهمن‌های گسترده هوایی از آرایه ولکانورنچ -64

جدول 5-1 اطلاعات میونی چند بهمن گسترده هوایی آرایه یاکوتسک ----------71

فصل اول

مقدمه

1 -1 مقدمه

موضوع پرتوهای کیهانی از سال 1900 آغاز شد. در ابتدای سال 1900 دانشمند فرانسوی هنری بکرل[1] دریافت که بعضی از عناصر ناپایدار بوده و به عناصر سبک‌تر تبدیل می‌شوند. در این تبدیل ذراتی از عنصر مادر گسیل می‌شود که در آن زمان به تابش رادیواکتیو مشهور شدند. درآن موقع تنها وسیله‌ای که بتواند آهنگ تابش رادیواکتیو را نشان دهد، الکتروسکوپ بود. الکتروسکوپ باردار حتی اگر در یک محل تاریک و عاری از تابش رادیواکتیو قرار می گرفت بار آن تخلیه می شد. تابشی که باعث تخلیه‌ی الکتروسکوپ می شد، تابش زمینه نام گرفت که ماهیت و منشأ آن معلوم نبود. گمان عموم بر این بود که این تابش از طرف زمین است. این تخلیه بار درالکتروسکوپ و عمل یونیزاسیون برای دانشمندان به صورت یک معما درآمده بود. در سال 1912 دانشمند اتریشی به نام ویکتورهس[2] آزمایشی با بالون ترتیب داد. هس در دانشگاه گراتس (تأسیس 1585) تحصیل کرد و دکترایش را درسال1906 دریافت کرد. وی تا 1920 در وین روی رادیواکتیویته کارمی کرد، پس از آن به تحقیقاتش در همین زمینه در وین، نیوجرسی، واینسبورک ادامه داد بعد از نفوذ نازی ها دراتریش، هس ترک اتریش گفت و از 1938 به دانشکده فیزیک دانشگاه فوردهام نیویورک پیوست. او درآزمایشی بدون وجود کپسول اکسیژن پروازی تا ارتفاع 6 کیلومتری انجام داد، آهنگ تخلیه ی یک الکتروسکوپ درارتفاع های مختلف اندازه‌گیری شد. نتیجه جالب این آزمایش آن بود که تا ارتفاع 700 متری آهنگ تخلیه کاهش می یافت و پس از آن با افزایش ارتفاع، آهنگ تخلیه افزایش می یافت. هس از این آزمایش نتیجه گرفت که تابش زمینه منشأ بیرون از جو دارد و از فضای خارج وارد جو زمین می شود. وی همچنین ثابت کرد که این پرتوها ربطی به شب و روز ندارد و حاصل تابش مستقیم اشعه خورشید نیست و بدین ترتیب، وجود پرتوکیهانی را ثابت کرد. این تابش، تابش کیهانی نام گرفت. در سال 1926 رابرت میلیکان[3] به آن نام پرتوکیهانی را داد، ویکتورهس به دلیل کشف پرتوهای کیهانی در سال 1936 جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد.

[1].Henri Becqurel
[2] .Victor Hess
[3].Milikan

شکل 1-1 تدارک ویکتورهس برای انجام آزمایش[1]

علی‌رغم اینکه درابتدا تصور شد پرتوهای کیهانی تنها پرتوهای گاما هستند با آزمایش هایی که روی رد ذرات در اتاقک بخار انجام شد و همین طور از روی تفاوت‌نرخ آشکار سازی ذرات در شرق و غرب نهایت مشخص شد پرتوهای کیهانی غالباً ذرات باردار مثبت بوده که عمده‌ی آن‌ها پروتون‌ها هستند. در سال 1932 کارل اندرسون[4] از روی رد پرتوهای کیهانی دراتاقک بخار، موفق به کشف پوزیترون شد. پس از آن نیز از روی تغییر شار ذرات کیهانی در ارتفاع های مختلف، اندرسون و ندرمایر[5] ذره بنیادی دیگری را کشف کردند که شبیه الکترون بود، اما از آن سنگین‌تر و ناپایدارتر بود. این ذره میون نام گرفت. پوزیترون و میون اولین ذرات بنیادی بودند که درآزمایش های پرتوهای کیهانی کشف شدند. کشف این ذرات منجر به تولد فیزیک ذرات بنیادی شد. در سال 1938 پیراوژه[6] با قرار دادن دو آشکارساز ذره در فاصله چندمتری از یکدیگر، در ارتفاعات آلپ آزمایشی انجام داد که نشان می‌داد، پرتوهای کیهانی هم زمان وارد این آشکارسازها می‌شوند. اوژه این پدیده را این طور شرح داد که ذراتی که وارد آشکارسازها می‌شوند، دواقع ذرات ثانویه حاصل از اندرکنش یک ذره پر انرژی با مولکولهای جو هستند. با این استدلال برای اولین بار اوژه موفق به ثبت یک ذره با انرژی 10^{15} الکترون ولت شد. با این آزمایش فیزیک

[4].Karl Anderson
[5].Nedder Meyer
[6].Pieree Auger

بهمن‌های گسترده هوایی برای مطالعه‌ی ذرات پرانرژی به وجود آمد. اولین آزمایش‌های مربوط به بهمن‌های گسترده هوایی توسط برونو راسی[7] درسال 1946 صورت گرفت. از آن سال به بعد آرایه‌های کوچک و بزرگی برای مطالعه روی شارپرتوهای کیهانی طراحی و ساخته شد. این آزمایش‌ها و همزمان آزمایش‌هایی که با بالون و ماهواره انجام می شود به مطالعه ماهیت و طیف انرژی و ناهمسانگردی در شار پرتوهای کیهانی می‌پردازد. همزمان با این آزمایش‌ها مسأله‌ی مهمی که وجود دارد، تئوری‌ها و مدل‌هایی است که بتوانند منشأ و فرآیند تولید این ذرات را توضیح بدهند. اولین مدلی که تولید پرتوهای کیهانی را توصیف می‌کرد، توسط انریکوفرمی[8] در سال 1949 ارائه شد. این مدل محل تولد پرتوهای کیهانی را در بقایای ابرنواختری در ابرهای یونیزه مغناطیده پیشنهاد می کرد. دراوایل سال 1960 تابش زمینه کیهانی تأیید شد و در سال 1966 گرایزن[9] و ژوزفین[10] و کازمین[11] با فرض وجود تابش زمینه کیهانی حد نهایی 5×10^{19} الکترون ولت را برای انرژی پرتوهای کیهانی ارائه دادند که به انرژی قطع GZK معروف شد. با ارائه این مسأله،آرایه های زیادی به بررسی شار پرتوهای کیهانی در انرژی‌های بیش از حد GZK پرداختند. در سال 1962 جان لینزلی[12] وهمکارانش برای اولین بار پرتوهای کیهانی با انرژی 10^{20} الکترون ولت را در آرایه ولکینو[13] در نیومکزیکو آمریکا مشاهده کردند. از آن زمان تاکنون آرایه‌های گسترده‌ای از آشکارسازهای ذره برای مطالعه روی طیف انرژی ذرات بسیار پرانرژی درمحدوده انرژی قطع GZK ساخته شده اند. همزمان مدل‌های نظری ارائه می شوند که سعی می کنند منشأ و فرآیند پخش پرتوهای کیهانی را توصیف کنند. این مدل ها برای تأیید یا رد لازم است تا با داده های تجربی مقایسه شوند. از این رو در سراسر دنیا همچنان آزمایش‌هایی که اساس کار آن ها ثبت پرتوهای کیهانی به وسیله آرایه‌های زمینی و یا زیرزمینی و یا بالون و ماهواره است، در تمام طیف پرتوهای کیهانی از 10^{8} الکترون ولت تا 10^{21} الکترون ولت مشغول به ثبت و تحلیل داده و مقایسه ی نتایج با سایر آزمایش‌ها هستند.

---

[7].Beruno Rossi
[8].Enrico Fermi
[9].Greisen
[10].Zatsepin
[11].Kuzmin
[12].John Linsley
[13].Volcano

از زمان کشف پرتوهای کیهانی هنوز مسأله منشأ و شتاب دهندگی این ذرات با انرژی بالا مورد سؤال است. منابع پرتوهای کیهانی با انرژی پایین تر از 10^{10} الکترون ولت، درون منظومه‌ای مانند بادهای خورشیدی است. بین 10^{10} تا 10^{15} الکترون ولت، ابرنواخترهاست. بین 10^{15} تا 10^{18} الکترون ولت ناشناخته باقیمانده است ولی احتمال می رود از منابع درون کهکشان رامشیری باشد و بیشتر از 10^{18} الکترون ولت از منابع خارج از کهکشان مانند هسته های فعال کهکشانی (AGN) می آیند[2].

1 -2 شرح موضوع

پرتوهای کیهانی ذراتی با انرژی بسیار بالا هستند که از فضا می‌آیند و با جو زمین برخورد می‌کنند. میدان‌های مغناطیسی کهکشان، منظومه شمسی و زمین مسیر این ذرات را آن قدر تغییر داده‌اند که ما نمی‌توانیم منشأ آن‌ها را درکهکشان از روی جهتشان پیدا کنیم. اگر نقشه‌ای از آسمان با استفاده از شدت پرتوهای کیهانی تشکیل دهیم، کاملاً یکنواخت خواهد بود. پس ما باید به روش های غیر مستقیم تعیین کنیم که پرتوهای کیهانی از کجا می آیند. یکی ازمشاهدات غیر مستقیمی که می‌توانیم انجام دهیم، مربوط به ترکیبات پرتوهای کیهانی کهکشانی است که می‌تواند طلاعات زیادی در مورد منابع این پرتوهای کیهانی و انتشار آن‌ها در کهکشان به ما بدهد. ترکیبات پرتوهای کیهانی بیان می‌کند که چه کسری از این پرتوها پروتون هستند، چه کسری هسته‌های هلیوم و غیره.

بهمن‌های هوایی از برخورد پرتوهای کیهانی اولیه با مولکول‌های هوا به وجود می‌آیند. به این صورت که پرتوهای کیهانی اولیه وارد جو زمین می شوند و با مولکول‌ها به خصوص اکسیژن و نیتروژن برخورد می‌کنند و آبشاری از ذرات به نام بهمن‌های گسترده هوایی را به وجود می‌آورند. یکی از مطالب مهم درپرتوهای کیهانی ترکیبات جرمی آن‌ها در انرژی‌های بسیار بالا می باشد. دلیل اهمیت بسیار زیاد ترکیبات جرمی پرتوهای کیهانی این است که با تعیین ترکیبات جرمی پرتوهای کیهانی می‌توان اطلاعاتی درمورد منشأ و منبع پرتوهای کیهانی به ویژه در انرژی‌های ناشناخته ی بالا به دست آورد.

در این پایان‌نامه با استفاده از داده‌های موجود از ایستگاه‌های آرایه‌ای یاکوتسک[14]، هاوراپارک[15] و ولکانورنچ[16] که با به کارگیری مجموعه‌ای از آشکارسازها، اطلاعاتی درمورد بهمن‌های گسترده هوایی درانرژی‌های بسیار زیاد ذرات اولیه مولد آن‌ها دراختیار ما قرار می‌دهند، به تجزیه و تحلیل بهمن‌های گسترده هوایی پرداخته‌ایم. تجزیه و تحلیل بهمن‌ها از طریق محاسبه پارامترهای مختلف آن‌ها و رسم نمودارهای گوناگون در انرژی‌های بسیار زیاد صورت گرفته است. به این ترتیب با بررسی‌های مختلف آن‌ها در انرژی‌های بسیار زیاد، ترکیبات جرمی بهمن های گسترده هوایی پیش بینی می‌شود و می‌توان نتایجی درمورد منشأ و منبع پرتوهای کیهانی در انرژی‌های بسیار بالا گرفت.

1 -3 معرفی سر فصل های پایان نامه

درفصل دوم این پایان‌نامه ابتدا تاریخچه پرتوهای کیهانی بیان شده است و سپس خواص پرتوهای کیهانی را بررسی کرده و به طور جامع درمورد پرتوهای کیهانی بحث می‌کنیم. در فصل سوم، بهمن های هوایی ناشی از پرتوهای کیهانی معرفی می شوند و توضیحاتی درمورد نمونه هایی از مجموعه آشکارسازهای آن ها یاکوتسک، هاوراپارک و ولکانورنچ داده می شود و از تجزیه و تحلیل داده های موجود از مجموعه آشکارسازهای یاکوتسک، هاوراپارک و ولکانورنچ در فصل چهارم استفاده می کنیم. در این فصل برای همه بهمن‌های هوایی این سه آرایه پارامتر عمر و انداوه بهمن محاسبه شده و نمودارهای وابستگی پارامتر عمر و اندازه بهمن به انرژی اولیه رسم شده است و نتایج مفیدی در مورد ترکیبات جرمی بهمن‌های گسترده هوایی در محدوده انرژی 10^{19} الکترون ولت آمده است. در فصل پنجم اندازه میونی بهمن‌های گسترده هوایی آرایه‌ی یاکوتسک محاسبه شده وبا استفاده از نتایج شبیه سازی کپدویل[17] ترکیبات جرمی بهمن‌های گسترده هوایی با انرژی بالای 10^{19} الکترون ولت تعیین شده است،

[14]. yakutsk
[15]. Haverah park
[16] .Volcano Ranch
[17] .capdevielle

در پایان این فصل حد بالای فوتون در پرتوهای کیهانی آرایه یاکوتسک در انرژی بالای 10^{19} الکترون ولت با استفاده شبیه سازی شینوزاکی[18] محاسبه شده است.

[18]. shinozaki

فصل دوم

پرتوهای کیهانی