بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تربیت معلّم آذربایجان

دانشکده علوم پایه

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک

عنوان :

انرژی تاریک کیهانی

استاد راهنما :

دکتر فرهاد دارابی

استاد مشاور :

دکتر محمد رضا ستاره

پژوهشگر :

خالد فاطمی

تقدیم به

بزرگ معلّم و استاد تاریخ بشریّت (محمد مصطفی (ص)) که یگانه چراغ و راه سعادت و هدایت را برای انسان ها به ارمغان آورد.

تقدیم به

خانواده ام، به روان پدر عزیزم و مادر رنج کشیده ام، به خواهرهای مهربانم و برادرانم.

تقدیم به

دوستان گرامی ام و آنان که تاکنون کسی چیزی به آنها تقدیم نکرده.

سپاسگزاری

حمد وثنا و ستایش یگانه معبودی را سزاست که به حق آسمان ها وزمین را با تمام راز و رمز های نهفته در آن از هیچ آفریده است . وبهترین وپاک ترین سپاس ها و ستایش ها نثار روح بهترین و خالص ترین و گرامی ترین بنده اش حضرت محمد (ص) که آورنده ی پیغام راستین از جانب خداو ند بلند مرتبه می باشد .بنابر مصداق حدیث شریف «من لم یشکرالمخلوق لم یشکرالخالق » بر خود واجب می دانم بدین وسیله مراتب قدردانی خود را از استاد عزیز و بزرگوارم جناب آقای دکتر فرهاد دارابی که حقیقتاً پدرانه بنده را راهنمایی و کمک فرمودند، اعلام دارم و امیدوارم که سربلند و با عزّت زندگی را همچنان در عرصه ی تربیت وآموزش ادامه دهند.همچنین از خانواده ی عزیزم خصوصاً مادر مهربان و خواهرهای گرامی ام که همواره حامی و مشوق من در تنگناهای زندگی ام بوده اند نهایت سپاس و تشکر و قدردانی را دارم و از دوستان بسیارعزیزم آقایان محی الدین احمدپور و عبدالباسط

ظهریان که بدون کمک های بی شائبه ی ایشان این کار پایان نمی یافت نهایت سپاس وتشکر و قدردانی را اعلام می دارم. و درپایان ازهمه ی عزیزانی که مستقیم و غیر مستقیم که بنده را مرهون راهنمایی و کمک های خویش فرموده اند سپاسگزاری می نمایم.

چکیده

هدف‌مادراین‌پایان‌نامه‌مروری‌جامع‌برسؤالات‌اساسی‌موجوددرکیهان‌شناسی‌مدرن‌می‌باشد.به‌دلیل‌همبستگی‌و جدایی ناپذیری میان - ماده‌وانرژی‌کارخودراابابررسی‌ماده‌ی‌تاریک‌وماهیت‌وسرشت‌آن آغاز نموده و آنگاه‌به‌موضوع‌اساسی‌تریعنی‌انرژی‌تاریک‌پرداخته‌ایم- وسرنوشت‌کیهان‌رابابررسی‌این‌دووتأثیراتشان‌بریکدیگر بررسی‌کرده‌ایم.اساس کار ما در این پژوهش بررسی انرژی تاریک در قالب مدل قدرتمند وزیبای هولوگرافی و با نام انرژی هولوگرافیک تاریک می باشد .به‌اختصارمی توان گفت مدل‌هولوگرافیک کیهان را به عنوان تصویری از یک حقیقت باابعادبالاترنشان می دهدوبنیادآن‌از گرانش کوانتومی برمی‌خیزد.درادامه نظری نیز برچند مقایسه‌ی زیبا میان مدل‌هاداشته وبهطوراجمالی نظریه‌ی جدیدوقدرتمند کوینتوم را بررسی کرده ایم. کارهای انجام شده همراه با تأییدات مشاهدات انجام گرفته ی جدید می باشندو سعی شده که نتایج با نهایت دقت وژرف اندیشی همراه باشند.

واژه های کلیدی : کیهان شناسی، ماده ی تاریک، انرژی تاریک، هولوگرافی، انرژی هولوگرافیک تاریک، کوینتوم

فهرست

فصل اول: کاوش ماده و انرژی تاریک و کوجهانهولوگرافیک ۱۳

بخش اول ماده تاریک ۱۳

خلاصه ۱٤

۱ – ماده تاریک به عنوان یک انقلاب علمی ۱٤

۲- شواهد اولیه در مورد وجود ماده تاریک : ۱۸

۲-۱ ماده تاریک موضعی ۱۸

۲-۲- ماده تاریک جهانی- خوشه‌ها، گروه‌ها و کهکشانها ۱۸

۲.۳ – منحنی چرخش کهکشانها ۲۰

۲.٤ – پارادوکس جرم در کهکشانها از مدلهای کلان ۲۱

۳- ماده تاریک در داده‌های نجومی ۲۳

۳-۱ حرکتهای ستاره‌وار ۲٤

۳.۲ - دینامیک کوری و شناسایی کهکشانها بهم ۲٥

۳-۳ منحنی‌های گسترش یافته کهکشانها ۲٦

٤ – سرشت ماده تاریک ۲۷

٤.۱ – سنتز نوکلئونی، حدود چگالی و مقدار ماده باریونی ۲۸

٤.۲ – ماده تاریک باریونی ۲۹

٤.۳ - ماده تاریک غیر باریونی، نوسانات CMB ۳۱

٤-٤ جانشینهایی برای ماده تاریک ۳۲

٥- ماده تاریک و تشکیل ساختار ۳۳

٥.۱ - توزیع کهکشانها و خوشه‌ها ۳۳

٥.۲ – ابرخوشه‌ها و رشته‌ها و خلأ ۳۳

٥.۳ – ساختار ترکیبی تدریجی ماده تاریک ۳٦

٦ - محتوای ماده تاریک جهان ۳۷

٦-۱ ماده تاریک و انرژی تاریک ۳۷

۷- نتیجه‌گیری ٤۰

پیوست بخش اول ٤۲

تردیددریافته‌هایپیشین ٤٢
جهانپیچیدهما ٤٣
فصلاول: ٤٥
بخشدومانرژیماده یتاریک ٤٥
١ –ماده یتاریک ٤٦
٢- کیهانشناسیرصدی ٥٣
٢.١- شواهدمشاهداتیوایDE ٥٤
٢.١.١ سوپرنوایIa ٥٤
٢.١.٢ CMB وLSS ٥٥
٢-٢- انرژیتاریک : ٥٥
٢-٢-١ ثابتکیهانیانرژیخلأ ٥٥
٢-٣ مدلهایپدیدهایکانرژیتاریک ٥٨
٢-٣-١ کوینتسنس (جوهره) ٦١
٢-٣-٢ انرژیتاریکدرمدلهایجهانبرین (Brane World) ٦٣
٢-٣-٣ گازچاپلین ٦٥
٣- آیاانرژیتاریکیکوهموخیلاست؟ ٦٧
٤–بازسازیانرژیتاریکیافتنحالتتشخیص ٦٩
٥ –شکافبزرگ،درهمریزرگ،یافقبزرگ؟سرنوشتجهاندرمدلهایانرژیتاریک ٧٠
٦ –نتیجهگیری ٧٢
فصلاول: ٧٣
بخشسومجهانهولوگرافیک ٧٣
١ . مقدمه ٧٤
٢. آنتروپیاطلاعات ٧٤
٣- کیهانشناسیکوانتومیاطلاعاتکیهان ٧٥
٤- نتیجهگیری ٧٦
فصلدوماصولومبانیانرژیهولوگرافیکتاریک ٧٧

بخشاولجهانشبههولوگرافیک ۷۷
خلاصه: ۷۸
۱-مقدمه: ۷۸
۲-مدل: ۷۹
۳ -تحلیلهای عددی: ۸۱
٤ -نتیجهگیری بحث ۸۵
بخشدوماصولهولوگرافیانرژیتاریک ۸۷
خلاصه: ۸۸
۱-مقدمه: ۸۸
۲-مرزهایهولوگرافیکجهان: ۸۹
۳- مرزهایانرژیهولوگرافیک ۹۰
٤- انرژیهولوگرافیکتاریک ۹۲
٥- انرژیهولوگرافیکتاریکونوساناتخلأ ۹٤
٦ -نتیجهگیری ۹٥
بخشسومانرژیهولوگرافیکتاریک ۹٦
خلاصه: ۹۷
۱ -مقدمه ۹۷
۲- ملاحظاتهولوگرافیکی ۹۸
۳- مدلهایانرژیتاریک ۹۹
٤.سنکجهان: ۱۰۱
٥-یکمدلهماهنگ: ΛCDM ۱۰۲
بخشچهارممبدأمدلهایانرژیهولوگرافیکتاریک ۱۰٤
خلاصه ۱۰٥
۱. مقدمه ۱۰٥
۲. عدمقطعیتکففضازمان ۱۰٦
۳. هولوگرافیومدلانرژیتاریکagegraphic ۱۱۱
٤- نتیجهگیری ۱۱٦

فصلسوممدلها ۱۱۷
بخشاولCDM Λ(t) بهعنوانمنشأمتحداز هولوگرافیagegraphicانرژیتاریک ۱۱۷
خلاصه ۱۱۸
۱. مقدمه ۱۱۸
۲. کیهانشناسی CDM Λ(t) : معادلاتاساسیباتوجهبهمعادلهمبداانانتشن ۱۲۱
۳ –قیدبدستآمدهازدادههایاخیر ۱۲۳
۳.۱ –ثابتافقکیهانی ۱۲۳
۳.۱.۱ –طولهابلبهعنوانکمتریناسطولکیهانی ۱۲۳
۳.۱.۲ –افقذرهبهعنوانکمتریناسطولکیهانی ۱۲۵
۳.۱.۳– افقرویدادذرهبهعنوانمتریناسطولکیهانی ۱۲۶
۳.۲ ثابتکیهانیهن (ثابتسنککیهانی) ۱۲۷
۳.۲.۱ –سنککیهانیهانند یکمتریناسزمانکیهانی ۱۲۷
۳.۲.۲– زمانهمدیبهعنوانکمتریناسزمانکیهانی ۱۲۸
٤ –نتیجهگیریبحث ۱۲۹
فصلسوم ۱۳۰
بخشدومیکمدلانرژیهولوگرافیک ۱۳۰
خلاصه: ۱۳۱
۱. مقدمه ۱۳۱
۲. انرژیهولوگرافیکازانحنایفضایی،مادهوتابش: ۱۳۲
۳ – سازگاریمیاندومدلانرژیهولوگرافیکوتوصیفهولوگرافیکازکیهان ۱۳۵
٤–خلاصهونتیجهگیری ۱۳۸
بخشسومیکمدلعمومیتراز انرژیهولوگرافیکبرهمکنشی ۱٤۰
خلاصه : ۱٤۱
۱–مقدمه: ۱٤۱
۲–مدلانرژیهولوگرافیکبرهم کنشی ۱٤٤
۳–بحث ۱٤۷
بخشچهارممدلانرژیهولوگرافیکونظریههایتانسوراسکالر ۱٤۹

خلاصه : ۱۵۰
۱ –مقدمه : ۱۵۰
۲ –مدل ۱۵۲
۲.۱– حالتتختفضایی ۱۵۳
۲.۲– حالتهایانحرافضایی ۱۵۶
۳ –نتیجهگیری ۱۵۷
بخشپنجمتورمباانرژیهولوگرافیک ۱۵۹
خلاصه: ۱۶۰
۱–مقدمه : ۱۶۰
۲–سریتکاملایHDE ۱۶۱
۳– اختلالاتوطیف ۱۶۴
۴– سایمفاهیمودرکازاصولهولوگرافیک ۱۶۷
فصلچهارمچندمقایسهایبینمدلهاگذریومدلکوئنتومبحثونتیجهگیری ۱۷۰
بخشاولهولوگرافیکچاپلینگاز ۱۷۰
خلاصه: ۱۷۱
۱–مقدمه:. ۱۷۱
۲–چاپلینگازبهعنوانیکمدلانرژیهولوگرافیکتاریک ۱۷۳
۳– نتیجهگیری : ۱۷۷
بخشدومتاکون ۱۷۸
مقدمه ۱۷۹
۲ –مدیانتاکونمانندانرژیتاریکهولوگرافیکدرکیهان ۱۷۹
۳ –مدیانتاکونمانندانرژیهولوگرافیکتاریکدریککیهانیتخت ۱۸۱
بخشسومکوئنتوم ۱۸۷
۲– شواهدمشاهداتیبرایسناریکوئنتوم ۱۹۰
۳. کیهانشناسیکوئنتوم: بنایهانظری ۱۹۱
۳.۱– یکنظریهno-go ۱۹۱

۳.۲- شرایط عبور از 1- ۱۹٤
٤. ساده‌ترین مدل کوانتومی بام‌یانها ی وگانه ۱۹٥
٤.۱- مدل ۱۹٥
٤.۲ غربالگری state-finder ۱۹۹
نتیجه‌گیری : ۲۰۲
منابع الف) مقالات لاتین ب) کتابها ۲۰۳
الف) مقالات لاتین ۲۰۳
چکیده لاتین ۲۰۷

فصل اول: کلیّاتماده وانرژی تاریک و جهان هولوگرافیک

بخش اولماده ی تاریک

خلاصه

ما دوره‌ی‌خودرا با توصیف اکتشاف پارادوکس جرم در کهکشان خودی‌وخوشه‌های کیهانی شروع می کنیم. اولین دلایل این مسئله در سال ۱۹۳۰ آشکار شد و بعد ها مشاهدات بیشتری روی داد . در اوسط دهه ی ۱۹۷۰ مقادیر دادهای کیهانی به اندازه ی کافی مناسب بود تا حضور یک ماده ی حجیم وغیر قابل مشاهده را در اطراف کهکشان ها و خوشه های کهکشانی پیشنهاد دهد . سرشت آن اجتماع در آن زمان مشخص نبود ، اما فرضیه ی حرکت ستاره وار و مناطق روشن به همان اندازه ی سرشت گازی آن اجتماع جدید شامل مشکلات خاصی بود. این مشکلات با پیشنهاد خواص ماده ی تاریک غیر باریونی در که سال ۱۹۸۰ ارائه شد ، ناپدید گشت.

پروسه‌ی سیستماتیک در مطالعه‌ی ساختارکهکشان ها، شامل مطالعه ی ساختار بزرگ مقیاس که بر مساحی کهکشان ها بنا نهاده شده است، می باشد. آنالیز ساختار ترکیبات پس از انفجار بزرگ، سیر تکاملی شیمیایی کیهانی‌که مشتمل‌برسرتز نوکلئونی اصلی‌می باشد، به همان اندازه مشاهده‌ی پرتوهای پس‌زمینه نشان می دهد که عملاً بدون هیچ شکی کیهان حاوی ماده ی تاریک بسیار بیشتر ازماده ی تاریک باریونی می باشد! علاوه بروجودماده ی تاریک، مشاهدات اخیر وجود انرژی تاریک را پیشنهاده کرده ونشان می دهند که ماده ی تاریک و ماده ی باریونی چگالی کلی ماده – انرژی کیهان را با مقداربحرانی کیهان شناختی برابر می کنند. هردوی انرژی وماده ی تاریک جزو بزرگترین چالش های پیش روی فیزیک به خاطر سرشت ناشناخته شان می باشد . فرضیه های گوناگونی برای سرشت ذرات ماده ی تاریک وجود دارد و عموما بعضی از ذرات حجیم وسنگین وکم برهمکنش شدیداً مورد علا قه ومرکز توجه می باشند . این ذرات باید یک میانگین نسبی سرد را شکل دهند و به همین خاطر به آن‌ها ماده ی تاریک سرد گفته می شود . این درک که ما سرشت ساختار اصلی کیهان را نمی شناسیم، یک مشکل انقلابی برای درک است و نقشه و طرحی برای به دام انداختن ذرات ماده ی تاریک یکی از چالش های دلفریب برای آینده می باشد .

۱ – ماده ی تاریک[1]به عنوان یک انقلاب علمی

تقریباً تمام اطلاعات اجسام مادی از طر یق فوتون ها به ما منتقل می شوند . بیشتر اجسام قابل مشاهده اند چون یا از خود نور ساطع می کنند ویا باز می تابانند . در حالت دیگر به عنوان مثال سوپر نوا ها برخلاف پس زمینه ی روشن که منجر به جذب نور می شود، توجه می کنیم. بنابراین ه‌ر دوی جذب و پخش نور به ما اجازه‌ی‌ردیابی‌جرم در کیهان را می دهدومطالعات امروزه ورای نو احی اپتیکی به انجام می رسد. دستگاه های مدرن در ابتدا فوتون های ساطع شده از اجسام کیهانی را در طیف های رادیویی و ما دون قرمز بررسی می کنند و سپس از باندهای پرتوX و گاما برای سایر بررسی ها استفاده می نمایند.

اطلاعات جدید نشان می‌دهد که اجسام کیهانی با سرشت های متفاوت در جذب یا انتشار فوتون با راه های گوناگون، متفاوت عمل می کنند. در یک انتها سوپر نوا های درخشان وجود دارد، هنگامی که یک ستاره به تنهایی انرژی ای به اندازه ی تمام ستارگان موجود در یک کهکشان به یک باره از خود ساطع می کند . در طرف دیگر سیارات با مقدار انرژی ساطع شده ی بسیار پایین از خود قرار دارند . سودمندی وتأثیر انتشار می تواند به صورت پیوسته به نسبت جرم به نور برای یک شیء توصیف شود که در واحد ها ی منظومه ی خورشیدی در یک محدوده‌ی اندازه‌گیری متریکی نوری ثابت که معمولاً آبی می‌باشد، اندازه گیری می شود. مثال بالا نشان می دهد که نسبت جرم به درخشندگی (نور) در یک بازه ی بسیار وسیع قرار می گیرد. اکنون این سؤال پیش می آید که آیا تمام اجسام کیهانی از خود نور ساطع می کنند ویا نور جذب می کنند ؟ مشاهدات انجام شده در قرن گذشته نشان می دهد که تا حدودی می توانیم نتیجه بگیریم که خیر!

منجمان مکرراً جرم را بوسیله ی چیزهایی که از خو د ساطع می کنند، تعیین می نمایند. با این وجود جرم اجسام نجومی می تواند به صورت مستقیم تعیین شود، استفاده ازحرکت سایر اجسام (مانند یک جسم آزمون) به دور یا اطراف جسم مورد مطالعه نیز برای تعیین جرم مستقیم به کار می آید . در بسیاری از حالات مانند جرم کل مستقیم افزوده شده تق‌ریبی، تقریب درخشندگی جرم نجومی در یک بازه ی کسری بوده و از مقدار مشاهده شده ویا بحرانی کمتر می باشد. معمول است که این جرم را که از طریق فرضیه در پاسخی به اختلاف جرم بدست می آید، جرم سیاه یا ماده ی تاریک بنامیم.

درک وجود ماده ی تاریک جزو مشکلات اصلی علوم جدید فیزیک ونجوم می باشد. اولین توجه به ماده ی تاریک از مطالعه ی دینامیکی کهکشان خودی به دست آمد. در سال ۱۹۳۲ جان هنریک اورت منجم هلندی حرکت عمودی ستارگان نزدیک کهکشانی را تجزیه و تحلیل نمود و از این داده ها شتاب عمودی ماده را محاسبه نمود. او همچنین شتاب عم‌ودی ناشی از تمامی ستارگان شناخته شده نزدیک صفحه ی راه شیری را حساب نمود. نتایج او یک اعلام خطر بود : چگالی ناشی از ستارگان شناخته شده برای توضیح حرکت عمودی ستارگان کافی نیست، باید نزدیک صفحه ی راه شیری یک ماده غیر قابل مشاهده وجود داشته باشد.

دومین مشاهده د ر سال ۱۹۳۳ توسط فریتز زوسکین انجام شد . او سرعت های شعاعی در خوشه کُما را مقیاس قرار داد و سرعت اصلی تصادفی نسبت به سرعت اصلی کهکشان را محاسبه نمود . کهکشان ها در ضمن حرکتشان در خوشه ها، حرکت انتقالی هم دارندو سرعت چرخش با گرانش کلی خوشه متعادل خواهد شد، هما نند سرعت های شعاعی حرکت سیارات منظومه شمسی در میدان گرانشی شان باعث شکست زوسکین شد، زیرا که او دریافت سرعت دورانی تقریباً به اندازه ده برابر از مقدار پیش بینی شده از جرم کل کهکشان های موجود در خوشه ها بیشتر است . آنگاه زوسکین دریافت برای اینکه بتوان

کهکشان ها را در خوشه با هم نگه داشت، خوشه باید شامل مقدار بسیار زیادی ماده تاریک (غیر قابل مشاهده) باشد. دلیل دیگر بر وجود ماده تاریک از کیهان شناسی می آید.

یکی از مفاهیم بنیادی کیهان شناسی جدید مفهوم گسترش کیهان می باشد . از سرعت گسترش، امکان محاسبه چگالی بحرانی کیهانی وجود دارد. اگر چگالی اصلی از چگالی بحرانی کمتر باشد گسترش برای همیشه دوام خواهد داشت، اگر چگالی اصلی از چگالی بحرانی بزرگتر باشد آنگاه پس از گذشت زمانی معین گسترش متوقف می شود و جهان ستارگان در هم فرو می ریزد . جرم کیهان با استفاده از جرم کهکشان ها و گاز میان کهکشانی قابل محاسبه است، این تقریب چگالی اصلی ماده درخشان را نشان می دهد (بیشتر ستاره های کهکشانی و ستارگان داخل آنها)، تنها درصد بسیار پایینی از چگالی ماده بحرانی می باشد. این تقریبها با محدودیت هایی از سنتز نوکلئون ها از عناصر نور هم خوانی دار د. مفهوم بنیادی دیگر کیهان شناسی کلاسیک، توزیع صاف و هموار کهکشان ها در فضاست . خوشه های کیهانی وجود دارند اما آنها تنها شامل یک دهم تمامی کهکشان ها می باشند . عمده کهکشان ها بیشتر یا کمتر به صورت تصادفی پخش شده اند و آنها را میدان ها ی کهکشانی می نامند . این نتیجه گیری بر روی شمارش کهکشان ها در جهت گیری های مختلف و نیز توزیع کهکشان ها در فضا بنا شده است.

تقریباً تمامی اطلاعات نجومی به طور مناسبی با این الگوهای کیهان شناسی تا سال ۱۹۷۰ متناسب بوده وتطابق دارند. آنگاه دو تحلیل و آنالیز مهم صورت گرفت که با تصویر کلاسیکی هم خوانی نداشت . در اوایل دهه ۱۹۷۰ اولین داده های قرمز گرایی که تمام کهکشان های موجود را می پوشاند در دسترس قرار گرفت. این داده ها مشخص نمودند که کهکشان ها به طور تصادفی همچنان که داده های قبلی نشان داده بودند، پخش نشده اند، اما زنجیر ها یا رشته های ی را تشکیل می دهند و فضای میان رشته ها عملاً تهی است. قطر این فضای تهی به ده ها مگا پارسک می رسد.

اکنون کاملاً واضح است که ساختار های موجود در کیهان به وسیله گرانش های خوشه ای شکل گرفته، که از نوسانات کوچک چگالی جرمی بوجود آمده اند . ماده در جاهایی که چگالی بالای مقدار میانگین باشد "سقوط" می کند و از مکان هایی که چگالی از مقدار میانگین کمتر باشد، دور می شود . این گرانش خوشه ای پروسه ای بسیار آرام است. به منظور شکل دادن ساختار های کنونی دامنه نوسانات باید از یک ده هزارم خود چگالی در زمان جفت شدگی کمتر باشد، هن گامی که کیهان شروع به دوره روشن شدن نمود . تابش آمده از مبدأ (بیگ بنگ) اولین بار در سال ۱۹٦۵ به عنوان امواج پس زمینه هم شکل تشخیص داده شد . هنگامی که سرانجام دامنه نوسانات پس زمینه توسط ماهواره COBE اندازه گیری شدآنگاه بود که آشکار شد که دومرتبه ارتفاع امواج یا دامنه ی آنها ازلحاظ نظری از ارتفاع مورد نظر برای اجسام درخشان بدست آمده توسط مشاهدات کمتر می باشد.

راه حل این مشکل توسط نظریه دانان به طور مستقل پیشنهاد شد . در اوایل دهه ۱۹۸۰ وجود ماده تاریک توسط منابع مستقلی تایید شد. دینامیک کهکشان ها و ستارگان درون آنها، تشخیص جرم که بر روی عدسی گرانشی بنا نهاده شده بود، مطالعه پرتو های X خوشه های کیهانی همگی دلایلی تقریباً واضح برای وجود ماده ی تاریک می باشند . اگر فرض کنیم که جمعبت مشخص شده ی ماده تاریک کیهان از ماده معمولی ساخته نشده بلکه بخش هایی از ماده غیر باریونی است، آنگاه نوسانات چگالی می تواند زودتر شروع به افزایش کند و در زمان جفت شدگی دامنه، ساختارهای کیهانی را شکل دهند. بر هم کنش ماده غیر باریونی با تابش بسیار ضعیف تر از ماده معمولی است و فشار تابشی افزایش سریع نوسانات را کند نمی کند . اولین پیشنهاد برای ماده غیر باریونی که ذره باشد و در آن زمان برای فیزیکدانان نیز شناخته شده باشد، نوترینو ها بودند. با این وجود، این سناریو به زودی منجر به مشکلات بزرگی شد . نوترینوها با سرعت های بسیار زیادی حرکت می کنند که مانع شکل گیری ترکیبات کوچک مانند کهکشان ها می شود بنابراین بسیاری از ذرات غیر باریون‌ی‌دیگر مانند اکسیون ها پیشنهاد شدند. خصوصیت اصلی این ذرات این است ک ه آنها سرعت های بسیار کمتری دارند.

به خاطر این کاهش سرعت است که طرح جدید سرد نامیده می شود، در حالیکه ذرات نوترینوی ماده تاریک گرم خوانده می شوند . شبیه سازی های محاسبات عددی از سیر تکاملی ساختار کیهان، ساختار رشته ای ابر خوشه ها و خلأ در ماده تاریک سرد چیر ه بر کیهان را تأیید نموده اند. فیزیکدانان تلاش هایی را برای کشف ذراتی که دارای خواصی باشند که بتوانند ساختار جهان را توضیح دهند، انجام داده اند اما هنوز به طور کامل موفق نشده اند . یک سوال حل نشده باقی مانده است . چگالی ماده (ماده معمولی+ ماده تاریک) را تخمین بزنید، مقادیری حول و حوش ۰.۳ درصد چگالی بحرانی حاصل می شود . این مقدار خیلی از واحد دور نیست، اما قطعاً کوچکتر از واحد است که زیاد مورد علاقه نظریه پردازان نمی باشد، این آمار و ارقام از طریق اندازه گیری امواج پس زمینه، دینامیک کهکشان هاوسرعت گسترش کیهان ک ه از مطالعه سوپرنوا ها به دست می آید،حاصل شده اند. برای پر کردن گاف چگالی ماده- انرژی میان واحد و چگالی جرم مشاهده شده، فرض می شود بعضی از قسمت های انرژی خلأ باید عامل این قضیه باشد . این فرض جدیدی نیست : قبل از این اینشتین بخشی را به معادله کیهانی خود که لا ندا نامیده می شود، افزود.حدود ده سال قبل اولین شواهد موجود برای وجود انرژی خلأ یافته شد که اکنون انرژی تاریک نامیده می شود. این کشف آخرین گاف الگوی کیهان شناسی مدرن را پر نمود.

در نشست اتحادیه بین المللی نجوم (IAU) در مورد ماده تاریک در سال ۱۹۸۵ در پرینستون، ترماین کشف ماده تاریک را به عنوان یک نوع انقلاب علمی، که با تغییرات الگوها ارتباط دارد، نامید.

۲- شواهد اولیه در مورد وجود ماده تاریک:

۲-۱ ماده تاریک موضعی

چگالی دینامیکی ماده در حوالی منظومه خورشیدی را می توان به وسیله نوسانات عمودی ستارگان در اطراف صفحه کهکشانی محاسبه نمود. حرکت دورانی ستارگان اطراف مرکز کهکشانی نقشی بسیار کوچک در محاسبه چگالی موضعی بازی می کند . ارنست اوپیک دریافت که سهم تمام مناطق پر جمعیت ستارگان (و گاز داخلی مناطق درخشان) برای توضیح نوسانات عمودی ستارگان مناسب می باشد، به عبارتی دیگر نیازی به فرض وجود تجمع ماده تاریک نمی باشد . تحلیل مشابه توسط کاب تین صورت گرفت، او در ابتدا بخش ماده تاریک را برای مشخص کردن ماده غیر قابل مشاهده که وجود ش تنها به وسیله خود گرانش پیشنهاد می شود، به کار برد. هر دوی اوپیک و کاب تین دریافتند که مقدار ماده غیر قابل مشاهده در منظومه‌های همسایه کوچک است.

نتیجه ی دیگری توسط جان اورت به دست آمد. تحلیل و آنالیز او مشخص کرد که چگالی کل از اطلاعات دینامیکی به دست می آید، افزودن چگالی قابل مشاهده جمعیت های پر ستاره با فاکتوری بالاتر از دو از اطلاعات دینامیکی به دست می آید. این قید، معمولاً قید اورت نامیده می شود. این نتیجه به این معنی ست که مقدار ماده غیر قابل مشاهده در محدوده منظومه باید تقریباً با ماده قابل مشاهده برابر باشد . برای زمانی طولانی هیچ تمایزی میان ماده تاریک منطقه ای و جهانی وجود نداشت . اما واقعیت این است که این دو نوع ماده تاریک خواص خیلی گوناگونی دارند و سرشت آنها از مطالعه جزئیات مدل های کهکشانی به دست می آید.

۲-۲- ماده تاریک جهانی- خوشه ها، گروه ها و کهکشان ها

یک اختلاف جرم متفاوت توسط فریتز زوسکین کشف شد. او قرمز گرایی از کهکشان هایی در خوشه کُما را اندازه گیری کرد و دریافت که سرعت هایی که کهکشان‌های منحصر بفرد(منظورکهکشان‌های خاص‌و در حال مطالعه می باشد) با توجه به سرعت اصلی خو شه دارند، بسیار بزرگتر از مقدار های تخمین زده شده جرم کل خوشه می باشد که از جرم های کهکشان های منحصر بفرد خوشه محاسبه شده است. تنها راه برای نگه داشتن خوشه ها ازگسترش سریع (واپاشی) این است که فر ض کنیم خوشه ها حاوی مقدار بسیار زیاد ماده غیر قابل مشاهده می باشد . بر طبق این تقریب انجام شده توسط خود زوسکین، در این خوشه ها تجاوز جرم خوشه های کهکشانی ده برابر و شایدهم بیشتر می باشد. به عنوان یک مشخصه انقلاب های علمی، مشخصات اولیه مسئله در الگوی مستقیم نادیده گرفته شد و این برای کشف زوسکین نیز روی داد.

مرحله ی بعدی مطالعه‌ی اجرام سیستم های کهکشانی توسط کاهانو والت جر انجام شد. آنها توجه خود را به این حقیقت که بیشتر کهکشان‌ها بعنوان یک خاصیت جهانی در حال گسترش قرمزگرایی مثبت دارند،و اینکه تنها کهکشان آندرومدا(M31) یک قرمزگرایی منفی درحدود ۱۲۰ کیلومتر بر ثانیه نسبت به کهکشان ما دارد، سوق دادند . این حقیقت می تواند توسط این نکته که اگر هر دوکهکشان از یک سیستم فیزیکی باشند، توضیح داده شود. یک سرعت منفی شعاعی نشان می دهد که این کهکشان ها قبلاً چرخشی نسبی پیش کهکشانی را گذرانده اندو اکنون به یکدیگر نزدیک می شوند . از سرعت نزدیک شوندگی، مسافت کامل وزمان از آنجا که در حال رد کردن پیش کهکشانی (هم ارز با عصر حاضر کیهان) می باشند، نویسندگان‌جرم کل سیستم‌های‌دوتایی‌رامحاسبه‌می‌کنند. آنها دریافتند که جرم کل $M_{Tot} \geq 108\times10^{12} M_{\odot}$می‌باشد. جرم قراردادی کهکشان M31 حدود $2 \times 10^{12} M_{\odot}$ می باشد. به عبارت دیگر، نویسندگان شواهدی را مبنی بر وجود جرم اضافی گروه در کهکشان های موضعی یافته اند . نویسندگان پیشنهاد کرده اند که جرم اضافی احتمالاً به صورت گاز با دمای $5 \times 10^{5} k$ می باشد، بااستفاده از داده‌های مدرن اینستو لیدن – بل، تقریب جدیدی از جرم کل گ روه های همسایه داده اند، که نزدیک همان مقدار ودر حدود $4.5 + 0.5 \times 10^{12} M_{\odot}$ می باشد.این تقریب در توافق خوبی بامشخص کردن جرمM31 و کهکشان های شامل چرخش نوری حول موضع می باشد . یک اختلاف واضح میان جرم یک کهکشان منحصر به فرد وجرم سیستم های دو تایی مشخص می شود. قرار داد نزدیکی برای مشخص کردن جرم از دوتایی ها و گروه های کهکشان های استاتیکی وجود دارد . این روش بر مبنای قضیه ی ویریال می باشد و تقریباً مشابه روش استفاده شده برای جرم خوشه های کهکشانی می باشد . به استثنای یک جفت تک یا گروه ، معمولاً یک گروه ترکیبی که شامل مجم وعه‌ای از جفت هاوگروه های منحصر به فرد می - باشداستفاده می‌شود. این مشخصات برای نسبت جرم به نور (در نور آبی) مقدار $\frac{M}{L_B} = 10 - 20$برای کهکشان های مارپیچی جفت مشخص،$\frac{M}{L_B} = 5 - 90$ و برای کهکشان های بیضوی جفت مشخص می باشند. این نسبت ها بزرگتر از مقدار جرم یافت شده از کهکش ان ها می باشند (سرعت بیرون فرستادن در مرکز ومنحنی چرخشی کهکشان مارپیچی)، اما هنوز با این وجود مشخص نیست که تفاوت میان جرم یافت شده از جرم جهانی یا موضعی چه قدر جدی است .

۲.۳ – منحنی دوران کهکشان ها

مسئله ای دیگر با توزیع از جرم و نسبت جرم به نور در کهکشان های مارپیچی کشف شد. باب کک‌نسبت جرم به نور کهکشان آندرومدا M31 را به دست آورد و پی برد که در نواحی بیرونی کهکشان دوران با یک سرعت بسیار غیر قابل انتظار ، بالای سرعت مورد انتظارکپلری در حال گردش اند . او همچنین این نتایج را مانند یک نسبت بالای جرم به نور در اطراف یا مانند جذب قوی غبار تفسیر نمود. اورت دوران و سطح روشنایی لبه‌ی کهکشان NGL3115SO را بررسی نمود ودریافت که نسبت جرم به نور در نواحی بیرونی ۲۵۰ می باشد. سپس روبین وفورد ورابرت ورت، منحنی دوران M31 را تا350 Mpc گسترش دادند واین کار را با استفاده از ابزار های نوری و رادیویی انجام دادند. سرعت دورانی به آرامی با دور شدن از مرکز کهکشان افزایش می یابد وتقریباً تا شعاع 16-30 kpc ثابت می ماند. اطلاعات دورانی اجازه ی مشخص کردن توزیع‌جرم‌رامی‌ده‌ند و اطلاعات اندازه گیری فوتون نیز اجازه ی تعیین‌توزیع نور را می‌دهند، با محاسبه ی این دو می توان نسبت جرم به نور را به دست آورد . در اطراف M31 وسایر کهکشان ها، مقدار$\frac{M}{L}$ موضعی موردمطالعه قرار می‌گیرد که از محاسبه‌ی دوران و اندازه گیری فوتون ها حاصل می شود، خیلی سریع به سمت بیرون افزایش پیدا می کند، اگر توزیع جرم به طور مستقیم از سرعت دورانی محاسبه شود، در محدوده ی تجمع های قدیمی فلزی دارای هاله ی نور ضعیف مشخص شده اند . این تجمع های فقیر فلزی مقدار بسیار پایین $\frac{M}{L}\sim 1$ را دارند (این مقدار می تواند به طور مستقیم از طریق خوشه های کروی که شبیه تجمع های قدیم فقیر فلزی می باشند، بررسی شوند) در نواحی پیرامونی، درخشندگی کهکشان تقریباً به صورت سریع کاهش پیدا می کند، بنابراین سرعت دورانی مورد انتظار باید برطبق قانون کپلر کاهش پیدا کند. در مقابل، در اطراف سرعت وضعی کهکشان تقریباً ثابت است که منجر به مقدار بسیار بالای موضعی $\frac{M}{L} > 200$ ، نزدیک آخرین نقاط با اندازه گیری سرعت وضعی خواهد شد.

دو احتمال برای حل این مناقشه پیشنهاد شده است . یک احتمال سرعت وضعی را با سرعت دورانی مشخص کند، اما این‌درکهکشان‌ها منجر به ایجاد یک تجمع بسیار گسترده‌با مقدار بسیار بالای $\frac{M}{L}$ می شود. احتمال دیگر این است که فرض کنیم که در اطراف کهکشان ها، هیچ سرعت دورانی‌ای که منجر به انحراف وضعی بشود وجودندارد. برای انتخاب میان این دو احتمال برا ی حل اختلاف جرم در کهکشان ها جزئیات بیشتری از مدل ها مورد نیاز است. در حالت عمومی ضروری است که وجود نواحی پر ستاره‌و درخشان در کهکشان ها با خصوصیات متفلوت به حساب آورده شود.