بسم الله الرحمن الرحيم

Do not copy

فیزیک کهکشان

نویسنده: مهدی دانشیار
به کوشش: مینا شیری

شناسنامه

Do not copy

فهرست

عنوان		صفحه
۱	**مقدمه:**	۹
۲	**کهکشان راه شیری:**	۱۷
۲-۱	راه شیری	۱۹
۲-۲	خوشه های کروی	۲۰
۲-۳	قیفاووسی ها	۲۱
۲-۳-۱	تخمین فاصله قیفاووسیان	۲۲
۲-٤	خوشه های کروی	۲٦
۲-٥	طول موج های هیدروژن خنثی	۲۷
۳	**دینامیک کهکشان راه شیری:**	۲۹
۳-۱	چرخش کهکشان راه شیری	۳۱
۳-۲	بدست آوردن چگونگی چرخش ستارگان حول کهکشان راه شیری	۳۷
۳-۳	مختصات کهکشانی	۳۹
٤	**توزیع کهکشان ها:**	٤۱
٤-۱	توزیع ستارگان در کهکشان	٤۳
٤-۲	طبقه بندی ستارگان و جدول هرتسپرونگ-راسل	٤٥

٤-٣	فیزیک خوشه های کروی	٤٨
٤-٤	فوران کننده پرتو X	٤٨
٤-٥	نظریات در تکوین خوشه های کروی	٥٠
٤-٥-١	خوشه کروی M٤ و سن عالم	٥١
٤-٥-٢	پرتوهای گاما در هاله کهکشان	٥٢
٥	**الکترومغناطیس در کهکشان ها:**	٥٧
٥-١	میدان های مغناطیسی کهکشان راه شیری	٥٩
٥-١-١	شتاب میدان مغناطیسی ذرات	٦٠
٥-١-٢	آینه های مغناطیسی، بطری های معناطیسی و ذرات پرانرژی کیهانی	٦١
٥-٢	هسته های کهکشانی	٦٢
٦	**سیاهچاله ها:**	٦٣
٦-١-١	سرعت فرار	٦٦
٦-٢	شعاع شوارتزشیلد	٦٩
٦-٣	سیاهچاله	٧٠
٦-٤	مرکز کهکشان راه شیری	٧١
٦-٥	سیاهچاله های چرخان	٧٢
٦-٦	انفجار سیاهچاله ها	٧٣
٦-٧	گله سیاه چاله های مرکز کهکشان	٧٤
٧	**پادماده:**	٧٧
٧-١	پادماده در مرکز کهکشان	٧٩
٧-٢	پادماده چیست؟	٨٠
٧-٣	میله ای در بازوهای کهکشان	٨٤
٨	**حیات در راه شیری:**	٩١
٨-١	کمربند حیات در کهکشان راه شیری	٩٣
٨-٢	گامی به سوی کمربند حیات	٩٤

Do not copy

۸-۳	عناصر سنگین و پیدایش حیات	۹۵
۹	**طبقه بندی و ریخت شناسی کهکشان ها:**	۹۹
۹-۱	طبقه بندی کهکشان ها	۱۰۲
۹-۱-۱	طبقه بندی به روش هابل	۱۰۲
۹-۱-۲	موارد دیگر در طبقه بندی کهکشان ها	۱۰۵
۹-۲	توزیع درخشندگی	۱۰۷
۹-۳	چگونگی درخشش کهکشان های بیضوی	۱۰۷
۹-٤	مشخصات درخشندگی کهکشان های مارپیچ	۱۱۰
۹-٤-۱	مرکز عدسی شکل	۱۱۰
۹-٤-۲	دیسک	۱۱۱
۹-۵	ساختار عمودی و (ضخامتی) کهکشان ها	۱۱۱
۹-٦	جمعیت اجرام سماوی، و توزیع رنگ و مدل های تکامل	۱۱٤
۹-۷	خوشه ها و جمعیت های آسمانی	۱۱٤
۹-۸	پراکندگی رنگ ستارگان	۱۱٦
۹-۹	مدل های تکاملی کهکشان ها	۱۱۸
۱۰	**خواص آماری کهکشان ها:**	۱۲۱
۱۰-۱	معادلات تابش	۱۲۳
۱۰-۱-۱	کهکشان های CD	۱۲٤
۱۰-۲	دسته بندی خوشه های کهکشانی از لحاظ شکل آنها	۱۲٦
۱۰-۳	تکامل در شکل کهکشان ها	۱۲۸
۱۰-٤	محیط های میان کهکشانی متوسط	۱۳۰
۱۰-۵	گازهای یونی	۱۳۱
۱۰-۵-۱	مناطق یونیزه شده در داخل دیسک کهکشان	۱۳۱
۱۰-۵-۲	خطوط تابشی در هسته	۱۳٦
۱۰-٦	تابش های رادیویی	۱۳۷
۱۰-٦-۱	مشخصات عمومی تابش	۱۳۹

۱۱ فرم کهکشان ها از نگاه ساختارهای بزرگ مقیاس عالم: ۱٤۳

۱۱-۱ کشف مجموعه های کهکشانی ۱٥٤

۱۱-۱-۱ خوشه کهکشان ها ۱٥٥

۱۱-۱-۲ نگاهی به کهکشان های دور ۱٦۰

۱۱-۱-۳ شمارش بیشتر کهکشان ها ۱٦۱

۱۲ ماده تاریک: ۱٦۳

۱۲-۱ ماده روشن ۱٦٥

۱۲-۲ ماده تاریک در همسایگی خورشید ۱۷۰

۱۲-۳ ماده تاریک در کهکشان های مارپیچ ۱۷۱

۱۲-٤ ماده تاریک در خوشه های کهکشانی ۱۷۳

۱۲-٥ ماده تاریک در ساختارهای بزرگتر ۱۷٥

۱۲-٦ سوالات باز در مورد ماده تاریک ۱۷۷

۱۲-۷ ماده تاریک غیر باریونی ۱۷۹

۱۲-۷-۱ ماده تاریک گرم ۱۷۹

۱۲-۷-۲ ماده تاریک سرد ۱۸۰

۱۲-۸ ماده تاریک باریونی ۱۸۰

۱۲-۸-۱ ساختارهای کم جرم ۱۸۰

۱۲-۸-۲ کوتوله های قهوه ای و قرمز ۱۸۱

۱۲-۹ ماده تاریک در حالت ماچو ۱۸۲

۱۳ نتیجه گیری: ۱۸٥

۱۳-۱ کهکشان های انفجاری ۱۸۸

۱۳-۲ M۸۷ ۱۹٤

۱۳-۳ سیاهچاله ها چگونه به وجود می آیند؟ ۱۹٦

۱۳-٤ سیاهچاله ها کنترل کننده کهکشان ها ۱۹۸

Do not copy

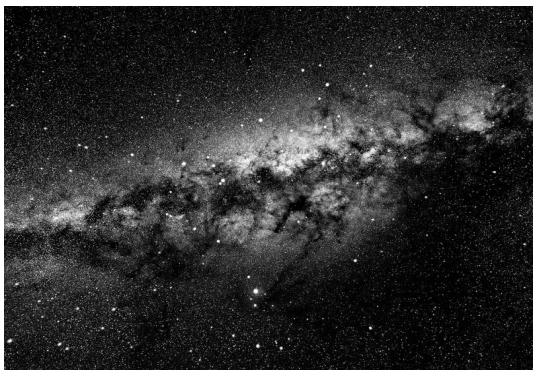
فصل اول

مقدمه

Do not copy

آسمان شب یکی از موهبت های الهی است که خداوند در اختیار بشر قرار داده است. هنگامی که در یک شب صاف و به دور از آلودگی نوری به آسمان می نگرید تعداد بسیار زیادی ستاره با قدرهای متفاوت مشاهده می کنید و اگر با یک چشم مسلح مانند تلسکوپ نظاره گر آسمان شوید بر تعداد این ستاره ها افزوده می شود که همه متعلق به یک منظومه ستاره ای به نام کهکشان راه شیری می باشد.

کهکشان راه شیری، کهشانی است که منظومه شمسی ما در آن قرار دارد، شما می توانید نوار این کهکشان را در یک شب بدون آلودگی نوری مشاهده کنید. این نوار در واقع از میلیون‌ها ستاره تشکیل شده است که چشم غیرمسلح قادر به تفکیک آن‌ها نیست.

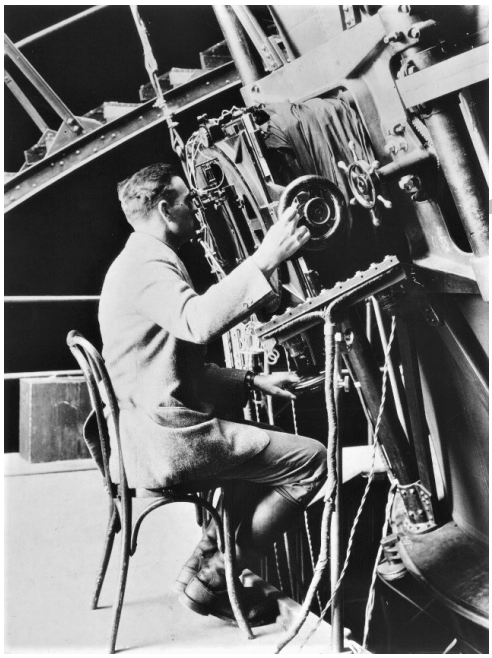


شکل ۱-۱: نمایی از کهکشان راه شیری

اگر جرم خورشید را به عنوان پیمانه ای برای سنجش محسوب کنیم. از آنجا که جرم خورشید ۲×۱۰^{۳۰} کیلوگرم می باشد به طور متوسط جرم کهکشان در حدود $۱۰^{۱۱} M_{\odot}$ خورشید، یعنی ۲×۱۰^{۴۱} کیلو گرم است و ابعاد این کهکشان ۳۰ kpc (کیلو پارسک[۱]). چگالی این کهکشان حدود ۰/۱ ستاره در هر پارسک مربع می باشد.

در سال۱۹۲٤ میلادی (۱۳۰۳ ه.ش) ادوین هابل در پی کاوش آسمان با تلسکوپ مونت ویلسون فصل نوینی در پژوهش کهکشان ها به وجود آورد.

هابل با رصد ستارگان و اجرام سماوی متوجه شد که توده هایی در آسمان وجود دارد که علیرغم اینکه از نظر شکل ظاهری شبیه سحابی ها و گازهای میان ستاره ای هستند، اما طیف یونیزه از خود گسیل نمی کنند. وی بیان کرد به احتمال زیاد این توده ها منظومه ستاره‌ای چون راه شیری هست. یعنی در واقع کهکشان می باشد.

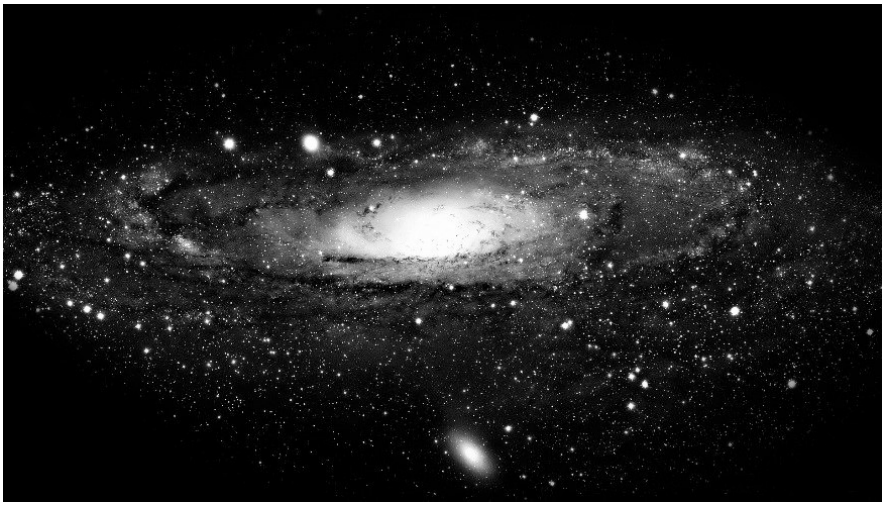

شکل۱-۲: ادوین هابل

بنابراین کهکشان ها مجموعه ای از ستارگان هستند که به کمک نیروی جاذبه در کنار یکدیگر قرار گرفته اند.

اما سوالی که مطرح می شود، چرا این توده های عظیم متلاشی نمی شوند؟

۱- هر پارسک برابر ۳/۲٦ سال نوری می باشد.

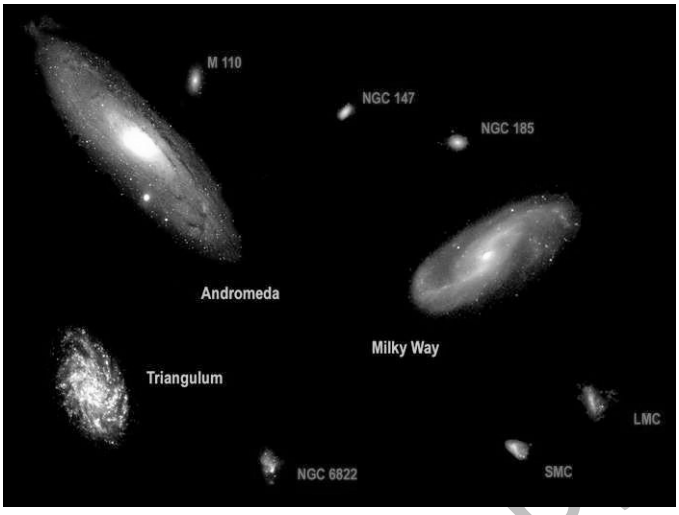
کهکشان راه شیری، کهکشانی که ما در آن قرار داریم با سرعت سرسام آوری حول مرکز کهکشان در حال گردش می باشد، این کهکشان در تعادل قرار دارد یعنی به گونه ای نیروی جاذبه ای که به سمت داخل جذب می کند با فشار از سمت بیرون (نیروی گریز از مرکز) برابر است.



شکل ۱-۳: کهکشان راه شیری

گروه محلی:

کهکشان راه شیری به همراه چندین کهکشان دیگر از جمله آندرومدا و کهکشان های نامنظم تشکیل یک گروه را می دهند که به گروه محلی موسوم است، این کهکشان ها با میانگین فاصله ۳ MPc پراکنده شده اند، و میان این کهکشان ها نیز قوانین گرانشی چون جاذبه و دافعه و یا جذر و مد حاکم است، اما آنچه مشخص است بنابه در نظر گرفتن طول و عرض و فاصله آنها و محل مرکز گرانشی گروه محلی کهکشانی جایی میان کهکشان راه شیری و کهکشان آندرومدا قرار دارد. بزرگ‌ترین کهکشان‌های این گروه محلی به ترتیب کهکشان آندرومدا، کهکشان راه شیری و کهکشان مثلث هستند.



شکل١-٤: گروه محلی

محاسبه امواج رادیویی کهکشان ها :

کهکشان ها علاوه بر تابش های مرئی دارای امواج و تابش های غیرمرئی می باشند که اگر این تابش ها در حوزه امواج فروسرخ باشد حاکی از وجود ماده ای پنهان در درون کهکشان ها می باشد که در محاسبات منظور نشده است، معمولا این گونه تابش ها از توزیع گردو غبار میان ستاره ای و یون های موجود در ابرهای ستاره ای ناشی می شود، که گاهی به علت تحریک و گاهی گردش آن ها در محیط های میان ستاره ای به وجود می آید، اما آنچه مسلم است این مقدار ماده که این تابش ها از آنها بوجود آمده جوابگوی عدم تطابق رصدهای بدست آمده و محاسبات نیست. و این جرم مرموز نهفته در آن را ماده تاریک نهادیم که ٨٠ درصد جرم را در خود نهفته است.

اولین نمونه از این ماده عجیب در درون کهکشان بیضوی در سال ١٩٨٠ میلادی (١٣٥٩ ه.ش) یافت شد. ستاره شناسان پی بردند که کهکشان های بیضوی گردشی ندارند، اما این موضوع چگونه امکان داشت ؟ چون قوانین بقا نقض می شد.

سوال دیگر آیا می توان کهکشان های بیضوی را نتیجه ادغام دو

Do not copy

کهکشـــان مارپیـــچ نمـــود؟

کهکشـــان هـــای مارپیـــچ در عـــرض ســـالیان متمـــادی بوجـــود آمدنـــد وبازوهـــای آن هـــا بـــه علـــت مـــوج پیچشـــی حاصـــل شـــده تشـــکیل شـــده اســـت، ایـــن مـــوج پیچشـــی چطـــور بوجـــود آمـــده؟ آیـــا ایـــن مـــوج نتیجـــه یـــک جاذبـــه قـــوی حاصـــل شـــده اســـت؟ آیـــا ایـــن مـــوج قـــوی مـــی توانـــد ســـاختار کهکشـــان هـــا را توضیـــح دهـــد؟

آیـــا منشـــاء درخشـــش یـــک کهکشـــان هماننـــد منشـــاء درخشـــش ســـتارگان از فعالیـــت هـــای هســـته ای نشـــات مـــی گیـــرد؟

آیـــا مـــی تـــوان مـــکان کوازارهـــا کـــه در افـــق هـــای بســـیار دور وجـــود دارنـــد لبـــه عالـــم در نظـــر گرفـــت؟ انـــرژی فـــوق العـــاده ایـــن کوازارهـــا چگونـــه ایجـــاد شـــده اســـت؟

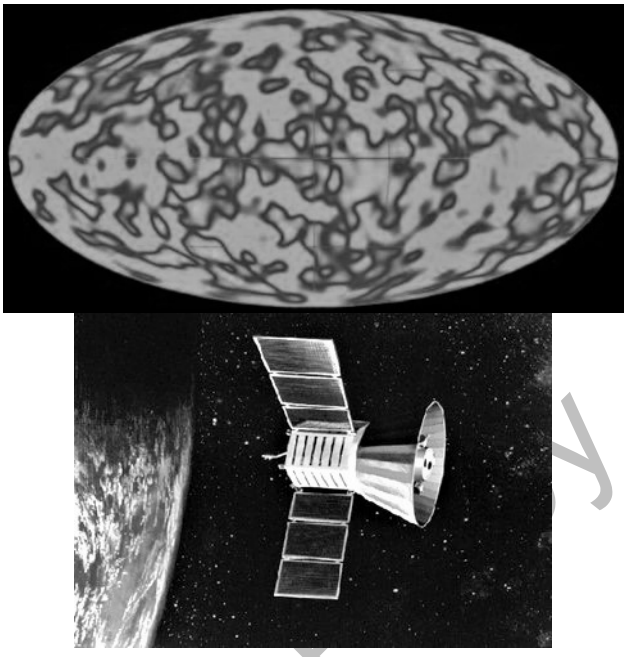
کهکشـــان هـــا و خوشـــه هـــای کهکشـــانی چگونـــه در بوجـــود آمـــدن ایـــن کوازارهـــا نقـــش داشـــتند؟

وضعیت ابتدایی کهکشان ها د رآغاز افرینش چطور بوده است؟

تابـــش زمینـــه کیهانـــی کـــه دمایـــی بالـــغ بـــر ۲/۷ کلویـــن دارد چـــه نقشـــی در تکویـــن کهکشـــان هـــا داشـــته اســـت؟

ماهـــواره کوبـــی[۲] مشـــخص نمـــود تابـــش زمینـــه کیهانـــی در زمـــره تابـــش جســـم ســـیاه بـــوده کـــه ایـــن ماهـــواره تمـــام نقـــاط عالـــم را ردیابـــی مـــی کنـــد، ایـــن تابـــش احتمـــال دارد مربـــوط بـــه مهبانـــگ باشـــد، ایـــن تابـــش تنهـــا چیـــزی اســـت کـــه بـــه واســـطه آن مـــی توانیـــم بـــه چگونگـــی تکویـــن عالـــم بپردازیـــم و بـــه دنبـــال آن باشـــیم کـــه ایـــن شـــار کیهانـــی کـــه بـــه صـــورت همگـــن در آســـمان پراکنـــده شـــده چطـــور باعـــث شـــده در برخـــی نقـــاط همگنـــی بهـــم بخـــورد و عامـــل بوجـــود آمـــدن کهکشـــان هـــا شـــود.

۲- Cobe satellite



شکل ۱-۵: ماهواره کوبی

در ایـن کتـاب بـه جزئیـات فیزیـک کهکشـان هـا مـی پردازیـم و دربـاره ایـن موضـوع سـخن خواهیـم گفـت کـه چگونـه کهکشـان هـا سـاخته شـده اسـت، بـه مشـاهدات عجیبـی در مـورد کوازارهـا خواهیـم پرداخـت

در نهایـت بـه سـاختار خوشـه هـای کهکشـانی و ابرخوشـه هـا و بدیـن ترتیـب بـه سـمت کیهـان شناسـی خواهیـم رفـت.

Do not copy

فصل دوم

کهکشان راه شیری

Do not copy

۲-۱ راه شیری:

هنگام یک شب رصدی به دور از هر آلودگی نوری نظاره گر آسمان در میان انبوه ستارگان هستید نواری شیری رنگ که در امتداد شمالی-جنوبی آسمان قرار دارد، نظرتان را به خود جلب می کند.

این نوار شیری واقعا چه می باشد؟

شکل۲-۱: پهنه ای از نوار کهکشان راه شیری در آسمان شب

با بررسی این نوار با دوربین دوچشمی مشخص می شود این نوار هاله مانند متشکل از تعداد عظیمی ستاره مجزاست که در کنار هم قرار گرفته اند، بنابراین این نورهای درهمتنیده از ستارگان تشکیل شده اند، آیا سحابی است یا چیزی شبیه سحابی؟

دو روش در پژوهش ها روشن کرد این نوار روشن سحابی نیست بلکه ستارگان مجزا در کنار هم هستند.

روش نخست با رصد دقیق ستارگان به صورت مجزا تفکیک می شدند.

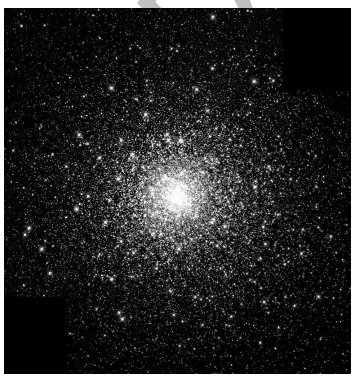
روش دوم اینکه سحابی ها دارای نور پلاریزه هستند در صورتی که در این هاله اثری از پلاریزاسیون دیده نمی شود.

و واقعیت این بود که خورشید نیز از جمله دسته ای از این ستارگان است که گرد هم آمده اند. رصدها نشان داد که چگالی تعداد ستارگان در آسمان حالتی همگن و همسانگرد ندارد و توده تجمیع این ستارگان نسبت به نواحی دیگر افزون است. حالا این منظومه ستاره ای یا به عبارت دیگر کهکشان چیست؟ و ما در کجای آن قرار داریم و چه شکلی ا ست ؟

برای پاسخ به این مساله که ما در کجای عالم قرار گرفتیم دانشمندان بر روی توزیع خوشه های کروی متمرکز شده اند.

۲-۲خوشه های کروی:

از آنجا که سحابی ها محل زاد و ولد ستارگان هستند. ممکن است در یک سحابی صدها یا هزاران ستاره گرد هم آیند و در غالب خوشه های ستاره ای بوجود آیند که از لحاظ جمعیت و سرعت و حتی فاصله ای که نسبت بهم دارند شبیه هم باشند، لاجرم قدر ظاهری آنها متناسب با قدر مطلقشان یکسان باشند به طور مثال ستاره ای که در این گروه از همه درخشانتر است در واقع درخشانترین ستاره تو این گروه است و با توجه به رابطه ظاهری بین درخشندگی و جرم یک ستاره، می دانیم اعضای پرجرمتر یک خوشه باید درخشانترین آنها باشند.



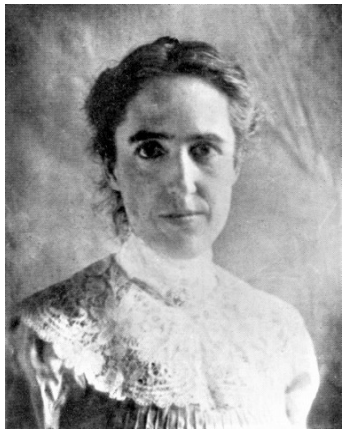
شکل ۲-۲: خوشه کروی

Do not copy

در خوشه های کروی بالغ بر ۱۰۰۰۰۰ ستاره یافت می شود. از ویژگی این خوشه چگالی بسیار زیاد آن و توزیع این چگالی در هسته آن می باشد. ستاره های این خوشه چنان در هم فشرده شده اند که حتی قویترین تلسکوپ ها قادر به تفکیک آن نیستند. به نظر می رسد این خوشه ها یک هاله در اطراف کهکشان ایجاد می کنند، این خوشه ها مستقیما در چرخش کهکشان شرکت ندارند بلکه به نظر می رسد که با داشتن مدارهای بیضوی در ناحیه مرکزی کهکشان وارد و از آن خارج می شوند، فاصله این اشیا را می توان با ستاره های متغیر به نام شلیاقی های RR یا با متغیرهای خوشه سان تعیین کرد.

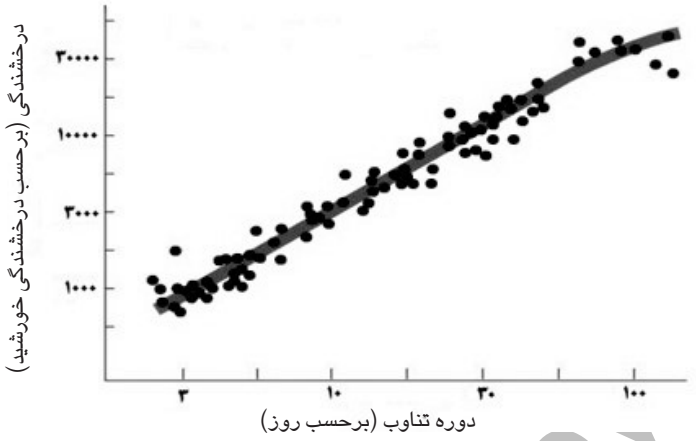
۲-۳ قیفاووسی ها:

در سال ۱۹۲۲ میلادی (۱۲۹۱ ه.ش) هنریتا لویت[۳] از رصدخانه کالج هاروارد به بررسی یک ستاره متغیر که در ابرهای ماژلانی کوچک کشف شده بود علاقمند به کاووش در این زمینه شد. وی به جنوبی ترین رصدخانه هاروارد واقع در آفریقای جنوبی عزیمت کرد و عکس های بسیاری از ستارگان موجود در این ابر را گرفت و رابطه بین قدر ظاهری قیفاووسیان و دوره تغییر آنها در ابرماژلانی کوچک را کشف کرد، وی متوجه شد که قیفاووسیانی که دوره تغییر طولانی تری دارند درخشان تر از قیفاووسیانی است که دوره تناوب کوتاه‌تری دارند.



شکل۲-۳: هنریتا لویت

۳- Swan Leavitt



نمودار ۲-۱: نمودار درخشندگی بر حسب دوره قیفاووسی نوعI

این نمودار حاکی از آن است که متغیرهایی که دوره تناوبشان کوتاه بود اکثراً کم نور و متغیرهای با دوره تناوب طولانی بسیار درخشان بودند. اما از آنجا که همه ستارگان ابر ماژلانی فاصله یکسانی دارند بنابراین تاثیر فاصله بر روشنایی آن ها یکسان است.

بنابراین قدر مطلق این ستارگان دقیقا به همان نسبت قدر ظاهریشان خواهد بود. بنابراین می توانیم فرض کنیم قیفاووسیان یک بخش از

عالم همچون قیفاووسیان بخش دیگر عالم هستند، در این صورت با دانستن فاصله چند متغیر قیفاووسی می توانیم قدر ظاهریشان را به قدر مطلق تبدیل کنیم.

۲-۳-۱ تخمین فاصله قیفاووسیان:

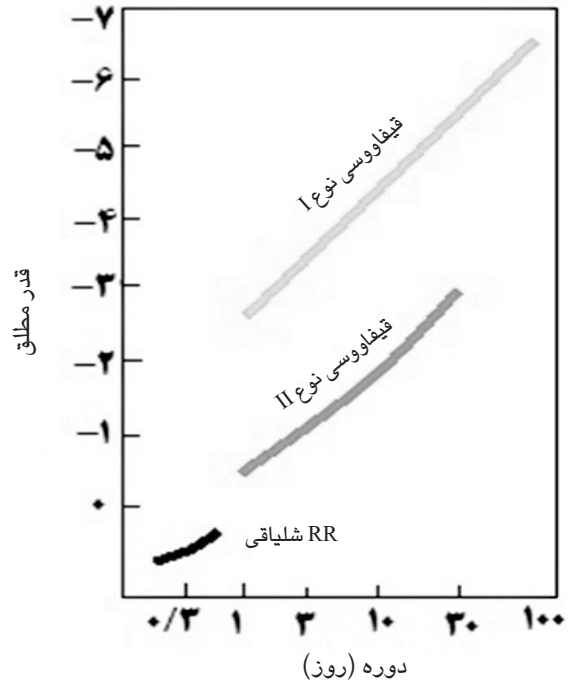
هیچ یک از ستارگان قیفاووسی در کهکشان راه شیری در محدوده ای نبودند که بتوان با روش پارالاکس فاصله آنها را تخمین زد. بنابراین ستاره شناسان به دنبال دسته ای دیگر از ستارگان گشتند که مشابه قیفاووسی ها باشد. یعنی ستارگانی که دوره تناوبشان بین ۱ تا ۵۰ روز

Do not copy

باشـد. و گسـتره نورانیتشـان بیـن ۰/۱ تـا ۲ قـدر تغییـر کنـد.

بنابرایـن رده ای از متغیرهـا یافـت شـد کـه یـک روزه بودنـد و RR شـلیاق نامیـده شـد. کـه قـدر مطلـق ایـن تـوع سـتارگان در حـدود ۰ و بـا دوره ۵۰ روزه کـه ٤ قـدر روشـن تـر از یـک قیفاووسـی یـک روزه مـی باشـد.

اخترشناسـان در جریـان کاوش سـتارگان شـلیاق RR و قیفاووسـیان یـک روزه در کهکشـان آندرومـدا کشـف کردنـد کـه دو نـوع قیفاووسـی وجـود دارد. قیفاووسـی نـوع I و قیفاووسـی نـوع II کـه نـوع I، یـک و نیـم قـدر روشـن تـر از قیفاووسـیان نـوع II مـی باشـد. در نتیجـه وقتـی نـوع و دوره یـک قیفاووسـی را بدانیـم مـی توانیـم از روی نمـودار قـدر مطلـق آن سـتاره را بدسـت مـی آوریـم و بـا اسـتفاده از آن فاصلـه را مـی یابیـم. بنابرایـن قیفاووسیان شناساگرهای خوب برای فاصله هستند.



نمودار ۲-۲: مقایسه نمودار قدر مطلق بر حسب دوره ستاره های متغیرهای قیفاووسی و RRشلیاقی

تغییر قدر	نسبت روشنایی
۰/۵	۱/٦
۱	۲/۵
۲	٦/۳
۳	۱٦
٤	٤۰
۵	۱۰۰
٦	۲۵۰
۱۰	۱۰۰۰۰
۲۰	۱۰۰۰۰۰۰۰۰
۲۵	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰

جدول ۲-۱: تغییر قدر و نسبت روشنایی ستارگان

مثال:

فرض کنید اخترشناسی یک ستاره قیفاووسی نوع I را با یک دوره ۱۰ روز در قرص کهکشان مارپیچی مشخص کرده باشند.

بنابراین طبق نمودار ۲-۲ قدر مطلق آن ٤- می باشد. حال فرض کنید قدر ظاهری همان ستاره به طور متوسط ۲۱+ است، با استفاده از رابطه زیر فاصله تعیین می شود.

$$\frac{l(۱۰)}{l(r)}=\left(\frac{r}{۱۰}\right)^{۲}$$ ۲-۱: رابطه درخشندگی-فاصله

در این رابطه L درخشندگی ستاره و r فاصله می باشد.

تفاوت قدر ظاهری و قدرمطلق ۲۵=(٤-)-۲۱ و با استفاده از جدول ۲-۱ تغییر ۲۵ قدر برابر $۱۰^{۱۰}$ می باشد.

حال با استفاده از فرمول ۲-۱ فاصله این ستاره را بدست می‌آوریم.

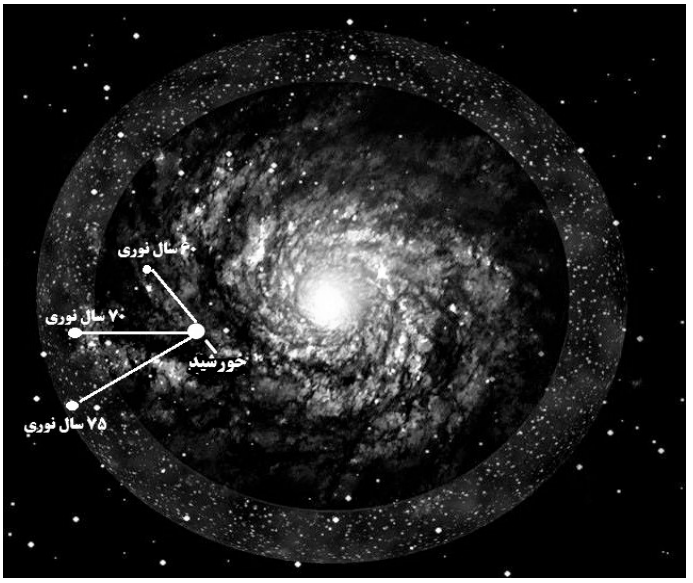
Do not copy

$$\frac{(۱۰)^{۱۰}}{۱}=\left(\frac{r}{۱۰}\right)^{۲} \rightarrow r^{۲}=۱۰^{۱۲} \rightarrow r=۱۰^{۶}$$

با توجه به جدول ۲-۱ مشاهده می کنید تغییر قدر۲۵ ، معادل تغییر روشنایی $۱۰^{۱۰}$ است.

اکنون به پرسش اولیه بر می گردیم، ما کجای کهکشان راه شیری قرار داریم؟

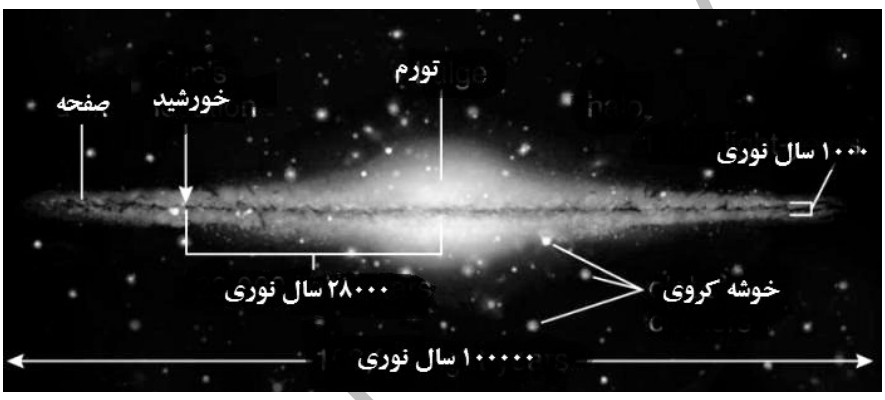
بیش از ۱۰۰ خوشه کروی شناخته شده است که به ما یاری می دهد که به این سوال پاسخ دهیم. یاداوری می کنیم، خوشه کروی که شامل متغیرهایی از نوع RR شلیاقی با قدر مطلق صفر هستند. اخترشناسان با به دست آوردن نسبت این قدر مطلق به قدر ظاهری مشاهده شده برای هر یک از این ستارگان فاصله آن ها را تعیین و موضع آن ها را نسبت به خورشید ترسیم کرده اند.



شکل ۲-٤: فاصله برخی از متغیرهای RR شلیاق نسبت به خورشید

۲-٤ خوشه های کروی:

بدیهی است که ما در مرکز کهکشان نیستیم، در واقع تراکم بسیار زیاد این ستارگان در صورت فلکی قوس می باشد. معقولانه است بپذیریم خوشه های کروی به شیوه ای متقارن نسبت به کهکشان توزیع شده اند. با پذیرش این واقعیت که خوشه های کروی یک هاله متقارن در اطراف کهکشان راه شیری ایجاد می کنند و خورشید ما تقریبا ۳۰۰۰۰ سال نوری از مرکز کهکشان فاصله دارد این مدل با مشاهدات ما یکسان است.



شکل۲-۵: فواصل مختلف راه شیری

تراکم خوشه های کروی به سوی صورت فلکی قوس که مرکز کهکشان می باشد است. در واقع به نظر می رسد که ما در قسمت مسطح کهکشان زندگی می کنیم، چرا که وقتی از بالا به پائین راه شیری می نگریم، ستارگان زیادی نمی بینیم، اما وقتی در راستای قرص نگاه میکنیم نواری از ستارگان را مشاهده می کنیم که به صورت حلقوی گرداگرد آسمان نمایانند.

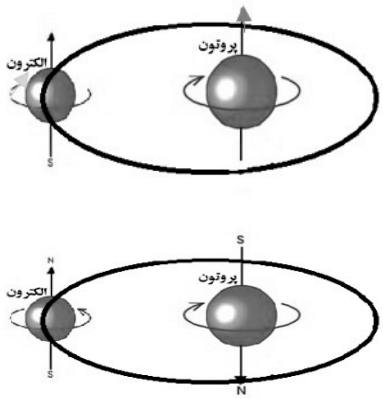
ما نمی توانیم مرکز کهکشان (هسته) را ببینیم زیرا تداخل های ابرهای غبار، نور میلیاردها ستاره آن را از نظر پنهان می کند. زمانی که در جهت مخالف به سوی ستاره درخشان عیوق نگاه کنیم، نگاه ها از میان قرص کهکشان به آیا بازوهای کهکشان راه شیری را می‌توان دید؟

اکنـون ایـن پرسـش مطـرح اسـت کـه آیـا کهکشـان راه شـیری، کهکشـان مارپیچـی مـی باشـد؟ یـا اینکـه قـرص آن بـه طـور یکنواخـت از سـتارگان پـر شـــده است؟

سـتاره شناسـان بـا مشـاهده کهکشـان هـای دیگـر از نـوع مارپیـچ، پـی بـرده انـد کـه سـتارگان بسـیار داغ از دسـته سـتارگان O,B درون ایـن بازوهـا را پـر کـرده انـد. از جملـه خصائـص ایـن گونـه سـتارگان وجـود امـواج رادیوئـی در آنهـا مـی باشـد. بـا توجـه بـه اینکـه غبارهـا و سـحابی هـای میـان سـتاره ای کهکشـان راه شـیری را پـر کـرده اسـت عمـلا رصـد سـتارگان مرکـزی و سـایر بازوهـا در صـورت وجـود از لحـاظ اپتیکـی میسـر نیسـت امـا آنچـه قابـل بررسـی اسـت وجـود تابـش هـای رادیوئـی در آنهـا مـی باشـد. پـس مـی تـوان از طریـق رصـد امـواج رادیوئـی بـه شـکل کهکشـان راه شـیری پـی بـرد.

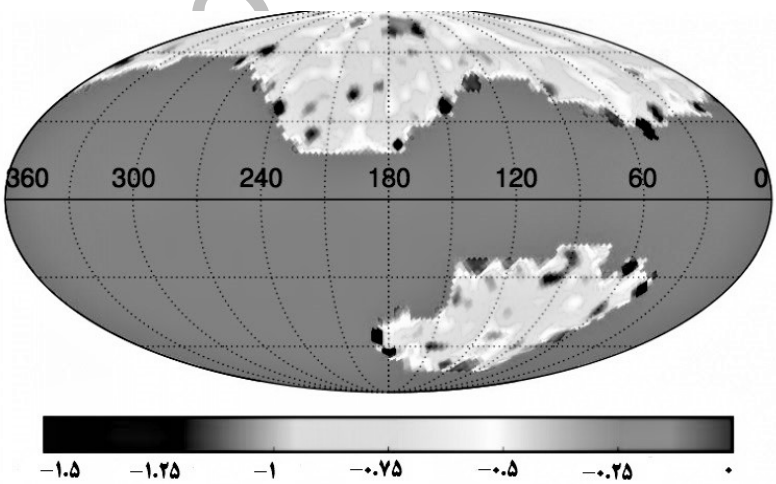
۲-۵ طول موج های هیدروژن خنثی:

هیـدروژن در حالـت برانگیختـه طـول مـوج هـای خاصـی در طیـف نـور مرئـی ایجـاد مـی کنـد ماننـد خـط آلفا-هیـدروژن کـه بـا انتقـال رو بـه پائیـن الکتـرون تولیـد مـی شـود. گاز هیـدروژن خنثـی نیـز خـط طـول مـوج رادیوئـی خاصـی تولیـد مـی کنـد کـه طـول مـوج آن ۲۱/۱۶ سـانتی متـر اسـت. آن را سـیگنال ۲۱ سـانتی متـری هیـدروژن مـی نامنـد، فرآینـدی کـه بـا آن اتـم هیـدروژن ایـن طـول مـوج خـاص را گسـیل یـا جـذب مـی کند، مربـوط بـه اسـپین هسـته هیـدروژن و اسـپین الکتـرون آن اسـت. الکتـرون مـی توانـد محـور چرخـش را بـا محـور چرخـش پروتـون هـم خـط کنـد، در ایـن حالـت، انـرژی الکتـرون بیشـتر از وقتـی اسـت کـه محـور چرخـش آن بـا محـور چرخـش پروتـون مخالـف اسـت، بنابرایـن وقتـی الکتـرون از حالـت هـم خطـی بـه حالـت مخالـف بـا آن بـاز مـی گـردد. انـرژی معـادل ۲۱سـانتی متـر گسـیل مـی کنـد و وقتـی بـه هـم خطـی میـل مـی کنـد همـان طـول موج را جـذب مـی کنـد.



وقتی اخترشناسان رادیوتلسکوپ هایشان را روی طول موج ۲۱ سانتی متر میزان می کنند می توانند هیدروژن موجود در کهکشان را آشکارسازی کنند اما ابرهای هیدروژنی نسبت به خورشید در حال حرکت هستند، عده ای در حال نزدیک و عده ای در حال دور شدن هستند که باعث ایجاد اثر دوپلری می شود.

پیش از آنکه نشان دهیم چگونه مشاهدات سیگنال های رادیوئی ۲۱ سانتی متری می تواند ثمر بخش باشد، نخست باید الگوی گردش ستارگان درون خود کهکشان را بفهمیم.



شکل ۲-۶: نقشه‌ی خط جذبی هیدروژن-آلفا در هاله‌ی کهکشان راه شیری. مختصات نشان داده شده، مختصات کهکشانی است.

Do not copy

فصل سوم

دینامیک کهکشان راه شیری

Do not copy

۳-۱ چرخش کهکشان راه شیری:

در ابتدا می توانیم توصیف گردش کهکشان راه شیری را با توصیف حرکت خورشید نسبت به مرجعی که در این حرکت مشارکت ندارد، آغاز کنیم.

خوشه های کروی، منظومه مرجعی طبیعی را تشکیل می دهند که به آنها دسترسی داریم. این خوشه ها در چرخش کلی کهکشان ما مشارکت ندارد، با استفاده از حرکت متوسط خوشه های کروی به منزله یک مرجع پی می بریم که خورشید حول هسته کهکشان راه شیری در مداری تقریبا دایره ای با سرعت ۲۴۰ km/s حرکت می کند و در ۲۰۰ میلیون سال یک دور مرکز کهکشان را می زند. اما درباره ستارگان نزدیکتر به هسته کهکشان و ستارگانی که خارج از مدار خورشید قرار دارند چه می دانیم؟

اگر عمده جرم کهکشان در مرکز کهکشان قرار داشته باشد انتظار داریم که الگوی حرکت آن شبیه به الگوی حرکت منظومه شمسی باشد. یعنی ستارگانی که نزدیک به هسته هستند حرکتی سریعتر و آنها که دورترند حرکتی کندتر داشته باشند. اما وضعیت درون کهکشان درست خلاف انتظار ماست. سرعت ستارگان نزدیک به هسته، مثلا ستارگانی که در فاصله ۱۵۰۰۰ سال نوری واقع هستند از مرتبه ۲۰۰ km/s است در حالیکه سرعت ستارگانی که دورترند در فاصله ۵۵۰۰۰ از مرتبه

۳۰۰ km/s است و مثلا سرعت خورشید ۲۵۰ km/s می باشد.

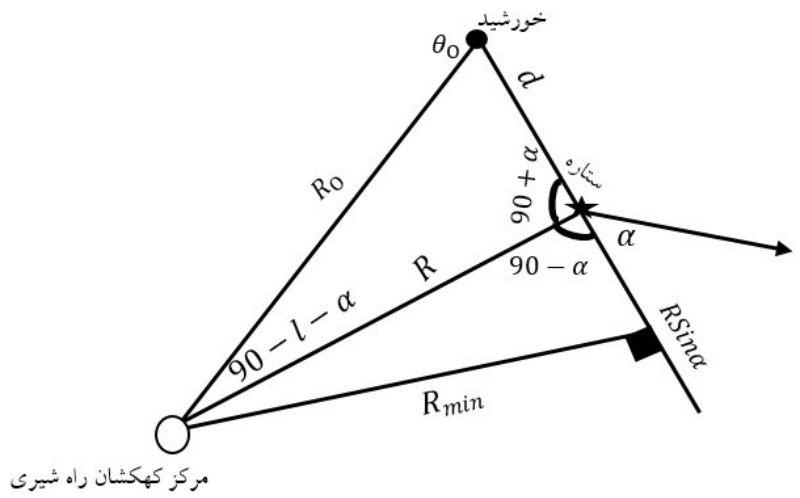
با توجه به رابطه روبرو

$$V^2R = \text{ثابت} \qquad ۱-۳$$

وقتی R (فاصله) متوسط سیارات زیاد می شود لاجرم سرعت خطی (V) آنها به مجذور R کم می شود. و این در سیستم های کپلری وجود دارد، اما، ما در سیستم های کهکشانی همان گونه که از منحنی ملاحظه می شود چنین حالتی را مشاهده نمی کنیم.

تیرگی بین ستاره ای به طور جدی مانع مطالعات ستاره ای در فاصله های دورتر می شود.

خوشبختانه H (هیدروژن)و CO (مونواکسید کربن) را می توان فن های رادیوئی در گستره فواصل خیلی دور مشاهده کرد. و سپس از معادلات زیر استفاده نمود



شکل ۳-۱: نمایش هندسی چرخش کهکشانی

شکل فوق نمایش هندسی برای چرخش کهکشانی می باشد که خورشید و مرکز کهکشان و یک ستاره صفحه کهکشان را نشان می دهد. و همه حرکات دایره ای هستند

$$R_{min} = R_o \sin l \qquad ۲-۳$$

$$\theta(R_{min}) = V_{r,max} + \theta_o \sin l \qquad ۳-۳$$

$$W(R_{min}) = W_o + \left(\frac{V_{max}}{R_o \sin l} \right) \qquad ٤-۳$$

در این فرمول R به عنوان فاصله ستاره از مرکز کهکشان، R_o فاصله خورشید از مرکز کهکشان، d فاصله خورشید تا ستاره $\theta_\circ$ تندی مداری دایره ای[٤] LSR، L طول کهکشانی ستاره، α زاویه بین خط دید تا ستاره و سرعت مداری، w تندی زاویه ای کهکشانی ستاره ، w_o را تندی زاویه ای کهکشانی LSR تعریف می کنیم.

باید توجه داشت که بیشینه تندی شعاعی $V_{r,max}$ مشاهده شده در یک طول کهکشانی معلوم هنگامی اتفاق می افتد که خط دید از نزدیکترین فاصله به مرکز کهکشان بگذرد.

R_{min} در اینجا خط دید مماس بر مدار است پس از شکل ۳-۱ داریم

در معادلات باید حداقل دو تا از مقادیر R_o و w_o و $\theta_\circ$ باید بدانیم تا بتوانیم منحنی چرخش را بدست آوریم.

برای بدست آوردن R_o و w_o و $\theta_\circ$ مختصاتی به نام LSR دینامیکی تعریف می کنیم

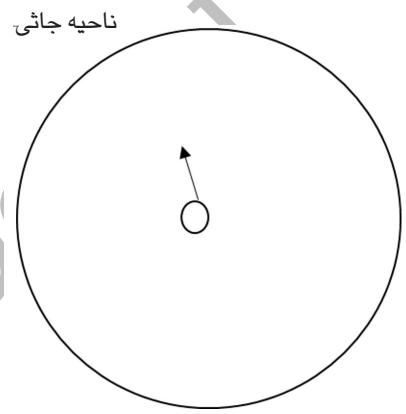
٤-حرکت اجرام در کهکشان راه شیری در همسایگی خورشید است. مسیر حرکت این اجرام دقیقاً به صورت دایره نیست.

Local Standard of Rest-٥

LSR چهارچوب مرجع به طور لحظه ای روی خورشید قرار دارد، که در مدار دایره ای حول مرکز کهکشان با سرعتی دایره ای متناسب با موقعیتش در کهکشان حرکت می کند، بنابراین همه ستاره های مجاور خورشید که در داخل مدار کهکشانی دایره ای قرار دارند، اساسا در روش LSR دینامیکی ثابت در نظر گرفته می شوند. هر انحراف از حرکت دایره ای در همسایگی خورشید به صورت حرکات ویژه ستاره ای نسبت به LSR دینامیکی ظاهر می شود.

مدار کهکشانی خورشید کاملا دایره ای نیست بنابراین نسبت به LSR یک حرکت خورشیدی ۱۹٫۵ km/s به سوی صورت فلکی جاثی (L=۵٦° و b=۲۳°)دارد.

روی کره سماوی خورشید در حال حرکت به سوی گرایش گاه (محل استقرارش) و دور شدن از گریزگاهش می باشد.



شکل ۳-۲

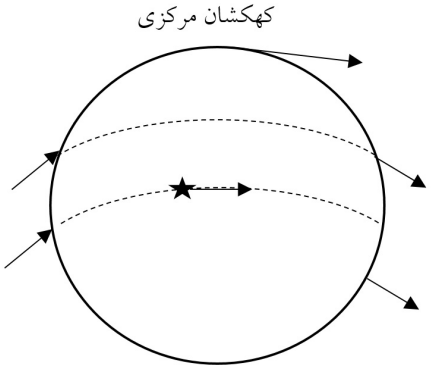
همین حرکت خورشید نسبت به ستارگان محلی در جهت جاثی سبب می شود که جریانی به سمت گریزگاه در کبوتریه به وجود می آید طبیعت و گستره حرکت خورشید اولین بار توسط ویلیام هرشل در سال ۱۷۸۳ میلادی با استفاده از روش های آماری توضیح داده شده.

ستارگان در همسایگی خورشید در سیستم های LSR حرکات ویژه

ای نسبت به خورشید نشان می دهند، یعنی مانند زنبوران به کندی به طرفی حرکت می کنند، اگر خورشید نسبت به LSR در حال سکون می بود متوسط این سرعت های ویژه نسبت به خورشید صفر می شد. و اگر خورشید نسبت LSR در حرکت باشد، نسبت به خورشید ستارگان واقع در LSR حرکتی را متناسب با موقعیتی که در آن هستند نشان خواهند داد. ستارگان روی دایره عظیمه با زاویه ۹۰° از گرایشگاه یا گریزگاه بزرگترین حرکت ویژه را به سمت گریزگاه نشان می دهند.

LSR بوسیله فاصله اش R_0 از مرکز و تندی مداری دایره اش θ_0 حول مرکز کهکشان راه شیری مشخص می شود. این پارامترها چگونه معین می شود؟

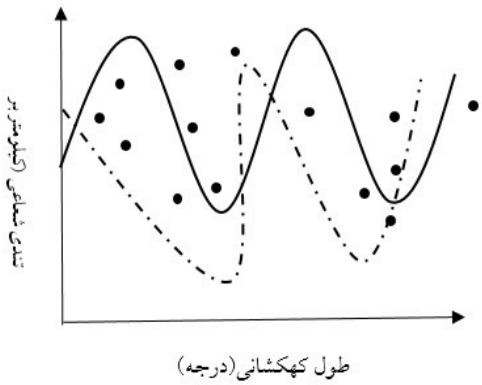
به عنوان مثال اثرات ستاره ای چرخش جزئی کهکشانی که در شکل زیر ملاحظه می کنید.



شکل ۳-۳

که حاکی از ستارگان (x) LSR می باشد که مرکز کهکشانی را تندی های مداری کوچکتر در فواصل دورتر، دور می زنند.

چرخش کهکشانی مشاهده شده، سرعتهای شعاعی قیفاووسی های مجاور به عنوان تابعی از طول کهکشانی رسم شده است این حرکات نسبت به LSR می باشد .منحنی توپر حرکات مورد انتظار در الگوی اورت است.



شکل ۳-٤

پس با استفاده از معادلات

$$V_t = d\left(A\cos 2l + B\right) \qquad ۳-۵$$

$$V_r = A d \sin 2l \qquad ۳-۶$$

که

$$A = \left(-\frac{R_\circ}{2}\right)\left(\frac{dw}{dR}\right)_{R_\circ} \qquad ۳-۷$$

$$B = A - w_\circ \qquad ۳-۸$$

از آنجا که داده های سرعت شعاعی امکان می دهد تا به فواصل بزرگ برسیم با استفاده از ستارگان نوع B و متغیرهای قیفاووسی مقدار دقیق و قابل قبول $A = ۱۵\frac{km}{s}$ بدست آمده است.و $B = ۱۰\frac{km}{s}$ بنابراین:

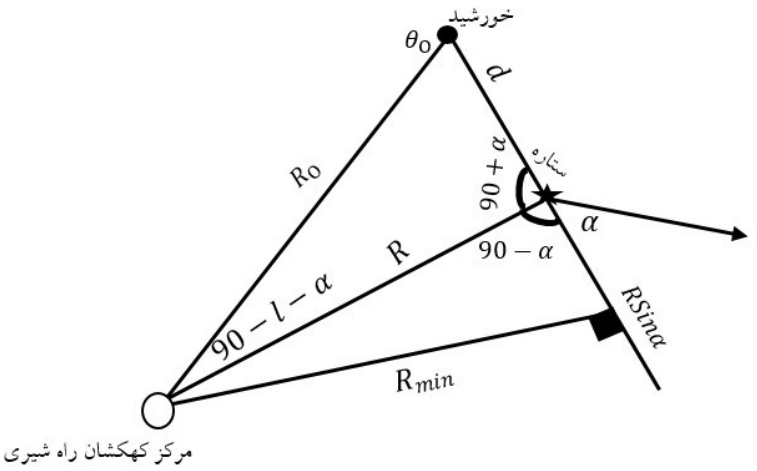
$$B = A - w_\circ \qquad w_\circ = \frac{\theta_\circ}{R_\circ} = A - B = ۲۵$$

Do not copy

روشن است که R_0 یا θ_0 بدون این که مجهول دیگری وارد شود باید به طور مستقل معین شود. و از مشاهدات نجوم رادیوئی AR_0 بدست آورد که با جایگزین کردن مقدار آن $R_0 = ۸.۵ \frac{KPc}{c}$ و $\theta_0 = ۲۲۰ \frac{km}{s}$ بدست می آید.

۳-۲ بدست آوردن چگونگی چرخش ستارگان حول کهکشان راه شیری:

ابتدا می بایستی سیستم مرجعی را به عنوان سیستمی که اندازه گیری ها نسبت به آن صورت می گیرد انتخاب کرد برای این موضوع همان سیستم LSR را در ذد نظر می گیریم یعنی یک سیستم کروی و دایره ای دو خورشید در یک لحظه در نظر گرفته که ستارگان در آن ثابتند و در یک چرخش یکنواخت حول مرکز راه شیری در حال گردش باشد. ستارگان در این سیستم مرجع ثابت فرض می شوند. اگر خورشید نسبت به LSR حرکت کند مثلا از سوئی که گریزگاه نام می نهیم به سوی گرایشگاه در حرکت باشد که هست، اگر خورشید را ثابت فرض کنیم همه ستارگان دیگر در خلاف جهت خورشید در حال حرکت می باشند و با همان سرعت. حال سرعت سایر ستارگان را نسبت به LSR بدست می آوریم. به شکل دقت کنید:



سرعت شعاعی ستاره نسبت به LSR بدست می آوریم.

$$V_r = \theta \mathrm{Cos}\alpha - \theta_\circ \mathrm{sin}L \qquad ۹-۳$$

برای چرخش صلب $V_r = ۰$ می باشد و اگر برای آن مقداری بدست آید یعنی چرخش جزئی منظور شده است.

تندی مماسی V_t را نسبت به LSR بدست می آوریم.

$$V_t = \theta \mathrm{sin}\alpha - \theta_\circ \mathrm{cos}L \qquad ۱۰-۳$$

از طرفی داریم $\theta = Rw$ پس $\theta_o = R_o w_o$ با استفاده از قانون سینوس ها می توان نوشت.

$$V_t = R_\circ (w - w_\circ)\mathrm{cos}L - dw$$

$$w - w_\circ = \left(\frac{dw}{dR}\right)_{R_\circ} (R - R_\circ)$$

$$A = \left(-\frac{R_\circ}{۲}\right)\left(\frac{dw}{dR}\right)_{R_\circ}$$

$$V_r = -۲A(R - R_\circ)\mathrm{Sin}L$$

$$V_t = d\left(A\cos ۲L + B\right)$$

$$B = A - w_\circ$$

بنابراین با دانستن سرعت شعاعی و سرعت زاویه ای می توانیم به منحنی حرکتی ستارگان در کهکشان راه شیری پی ببریم. همان طور که ملاحظه می شود اورت با ارائه A,B منحنی تغییرات سرعت زاویه ای مداری نسبت به فاصله را که در فاصله $R = R_o$ برآورد شده بدست آورد.

Do not copy

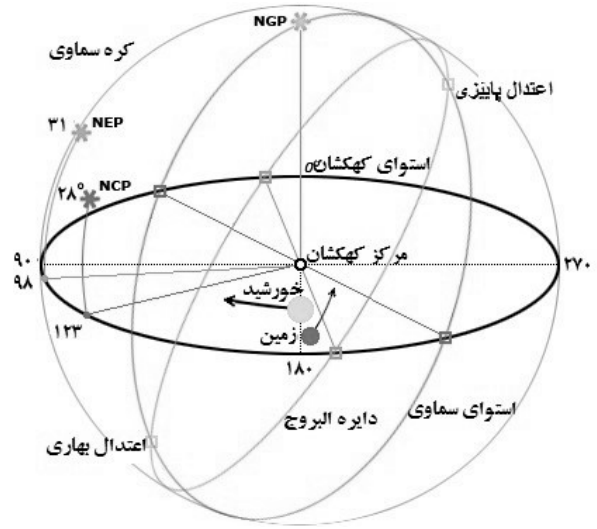
از روی محاسبات A, B را برای ستارگان قیفاووسی بدست آورده اند که برابر با $A=۱۵\frac{Km}{S.KPc}$ و $B=-۱۰\frac{Km}{S.KPc}$ بدست آمده است پس داریم

$$w_{\circ}=\frac{\theta_{\circ}}{R_{\circ}}=A-B=۲۵$$

با بدست آوردن مقدار $AR_{\circ}$ را با استفادع از رصد رادیوئی امکان پذیر است. بنابراین $R_{\circ}$ و $w_{\circ}$ و $\theta_{\circ}$ بدست می آید.

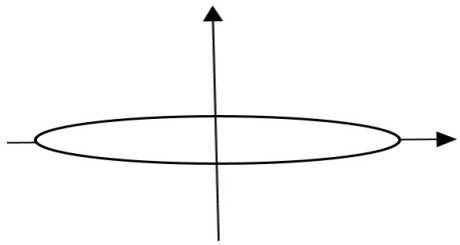
۳-۳ مختصات کهکشانی:

صفحات کهکشانی از جمله مختصات های سماوی است که برای بررسی اجرام کهکشانی مورد استفاده قرار می گیرد. استوای این دستگاه مختصات صفحه کهکشان راه شیری است. مولفه های این دستگاه طول و عرض کهکشانی است. نصف النهار صفر برای طول کهکشانی از مرکز کهکشان می گذرد که از مشاهدات مرئی و رادیویی در صورت فلکی قوس تشخیص داده شده. از این مختصات بیشتر در محاسبات دینامیک کهکشان استفاده می شود و در نجوم کروی زیاد به آن پرداخته نمی شود



شکل ۳-۵

صفحه شاخص آن همان صفحه کهکشان راه شیری می باشد.



طول کهکشانی از محل مرکز کهکشان در مختصات استوائی با محل برخوردش با استوای کهکشانی از مبدا به سمت شرق خلاف حرکت عقربه های ساعت اندازه گیری می شود.

عرض کهکشانی از عرض کهکشانی نسبت به قطب های شمال و جنوب است.

Do not copy

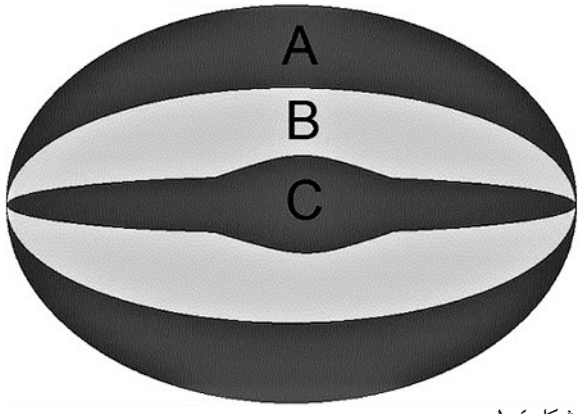
فصل چهارم

توزیع کهکشان ها

Do not copy

٤-١ توزیع ستارگان در کهکشان:

ما کهکشان را به صورت مارپیچی پهن شده تصور می کنیم. اما مشاهده انواع خاصی از ستارگان درون آن دلالت بر این دارد که کهکشان را می توان دست کم به چهار ناحیه آشکارا تقسیم کرد.



شکل ٤-١

نخست، به انواع ستارگانی توجه میکنیم که آنها را مسن ترین ستارگان میدانیم؛ ستارگانی نوعا ازخوشه های کروی. قبلا اثبات کردیم که عمر سپری شده ی چنین خوشه هایی بر مبنای این شواهد است که آنها گاز و غبارشان را در مرحله ی تشکیل ستاره مصرف کرده اند و ستارگان پرجرم ترشان در جریان تکامل، از رشته ی اصلی دور شده اند. اخترشناسان ستارگانی را که در خوشه های کروی قرار دارند به عنوان اشیای جمعیت II نام میبرند. از جمله، RR شلیاقیها، قیفاووسیان

نـوع II و متغیرهایـی کـه دوره ی طولانـی دارنـد. خوشـه هـای کـه یـک هالـه ی تقریبـا کـروی بـه دور مرکـز کهکشـان تشـکیل مـی دهنـد، ممکـن اسـت هنـوز شـکل اولیـه ی ابـری را کـه کهکشـان راه شـیری از آن تشـکیل شـده ایـت حفـظ کـرده باشـند (در شـکل هالـه ای را کـه بـا حـرف A مشـخص شـده اسـت ببینیـد.)

یـک منظومـه ی واسـط میـان هالـه ی کـروی خوشـه هـای کـروی و قـرص پهـن شـده وجـود دارد کـه در آنجـا سـتارگان جدیـد تشـکیل مـی شـوند. ایـن منظومـه ی واسـط در شـکل بـه صـورت هالـه ی نیـم تخـت، بـا حـرف B نشـان داده شـده اسـت. ایـن واسـط مرکـب از متغیرهایـی بـا دوره ی نمیـه طولانـی، شـبه غولهـا، کوتولـه هـای سـفید، کوتولـه هـای نـوع G تـا M و سـحابی هـای سـیاره ای اسـت. انـواع ایـن اشـیا را نیـز نسـبتا مسـن مـی دانیـم. ایـن اشـیا بـا نحـوه ی توزیعشـان، شـکل ابـر کهکشـانی را در زمانـی کـه هنـوز در جریـان فراینـد پهـن شـدن ناشـی از چرخـش بـوده اسـت، بـروز میدهنـد.

ناحیـه ی سـوم منظومـه ی قـرص پخـت اسـت (در شـکل ناحیـه ی C) ایـن ناحیـه بـا سـتارگان بسـیار داغ جـوان از نـوع B، O و A، قیفاووسـیان نـوع I، ابرغولهـا، خوشـه هـای بـاز، و گاز و غبـار بیـن سـتاره ای مشـخص مـی شـود. هـر یـک از ایـن انـواع، نمایانگـر سـتارگان جـوان یـا مـاده ای هسـتند کـه سـتارگان جـوان از آن تشـکیل شـده انـد. بایـد بگوییـم کـه هسـته ی کهکشـان راه شـیری از اشـیای مسـن تـر جمعیـت II، سـتارگان RR شـلیاقی، خوشـه هـای کـروی، سـحابی هـای سـیاره ای و کوتولـه هـای نـوع M ترکیـب یافتـه اسـت؛ از ایـن رو می‌تـوان هسـته را بـاز هـم بـه صـورت ناحیـه ی متمایـز دیگـری از قـرص کهکشـان طبقـه بنـدی کـرد.

آخریـن ناحیـه کـه بـه آن تـاج (Corona) کهکشـان مـی گوینـد، ممکـن اسـت تـا فاصلـه ای در حدیـد ۳۰۰۰۰۰ سـال نـوری از مرکـز کهکشـان، امتـداد داشـته باشـد. ایـن ناحیه نخسـت بـا مشـاهده ی مسـتقیم آشکارسـازی نشـده، بلکـه از اثـر گرانشـی آن بـر حرکـت سـتارگان لبـه ی خارجـی کهکشـان مرئـی بـه وجـودش پـی بردنـد. وجـود چنیـن تـاج پرجرمـی توضیـح برخی پرسـش

Do not copy

هـا را میسـر می‌کنـد؛ از جملـه آنکـه چـرا سـتارگان بیرونـی تـر سـریعتر از سـتارگان درونـی تـر حرکـت میکننـد، و چـرا سـتارگانی کـه سـرعت زیـادی دارنـد نمی‌تواننـد از کهکشـان بگریزنـد. برآوردهـای جـرم تـاج از حـد یـک تریلیـون جـرم خورشـید تجـاوز می‌کنـد.

٤-٢ طبقه بندی ستارگان و جدول هرتسپرونگ-راسل:

سـتارگان را از لحـاظ مقـدار نـوری کـه از منشـور عبـور مـی دهنـد هـر یـک اختلافـی را نشـان مـی دهنـد بـه چنـد دسـته تقسـیم کـرده انـد، (عبـور نـور از منشـور را طیـف سـنجی مـی گوینـد)

در یـك نـوع از طبقـه بنـدي، سـتارگان بـر اسـاس عناصـري کـه جـذب مـي کننـد و نیـز دمایشـان طبقـه بنـدي مـي شـوند. برایـن اسـاس هفـت نـوع اصلـي از سـتارگان وجـود دارنـد.

بجـز گـروه هـای اصلـی، گـروه هـای فرعـی S ,N ,R ,W ,Q ,P وجـود دارد کـه بعـد از گـروه اصلـی بوجـود آمـده انـد.

P : علامتـی بـرای نوعـی سـحابی مـدور اسـت سـیاره ای اسـت کـه اطـراف ایـن سـتاره گازهـای خیلـی خیلـی داغ یونیـزه فراگرفتـه شـده انـد.

Q : بـرای سـتارگان نـوا یـا ابرنواخترهـا هسـتند کـه ناگهـان منفجـر شـده حرارتـی از ۱۰۰ تـا ۵۰ هـزار درجـه کلویـن مـی دهنـد.

W: بـرای سـتارگان از نـوع« ولف-رایـت» کـه مـواد متشـکله آنهـا از ازت و هلیـوم و کربـن اسـت.

O: طیفـی کـه از ایـن سـتارگان بـه مـا رسـیده در اثـر حـرارت مـواد آنهـا چندبـار یونیـده شـده انـد. هلیـوم دوبـار یونیـزه شـده و $N_{۳}$ سـه بـار یونیـزه شـده درآن یافـت مـی شـود.

B: ستارگانی که هیدروژن و سیلسیوم و اکسیژن یونیده دارند

A: ستارگانی که خط هیدروژن آنها بسیار قوی است.

F: نوعی که هیدروژن ضعیف دارند و در عوض آهن آنها زیاد است

G: یونیزه کلسیم آنها در ماکزیمم است

K: دارای اتم های خنثی بسیار قوی است.

M: خطوط اتم های خنثی خیلی قوی و گازهای فلز تیتانیوم در آنهاست

نوع ستاره	رنگ	شباهت دمای سطح با واحد کلوین	متوسط جرم بر حسب خورشید	
P		٦٠٠٠٠		گروه فرعی طیف
Q		٥٠٠٠٠		
W		٤٥٠٠٠		
O	آبی	بیش از ٢٥٠٠٠	٦٠	گروه اصلی طیف
B	آبی	٢٥٠٠٠-١١٠٠٠	١٨	
A	آبی	١١٠٠٠-٧٥٠٠	٢/٣	
F	آبی تا سفید	٧٥٠٠-٦٠٠٠	١/٧	
G	سفید تا زرد	٥٠٠٠-٦٠٠٠	١/١	
K	نارنجی تا قرمز	٣٥٠٠-٥٠٠٠	٠/٨	
M	قرمز	زیر ٣٥٠٠	./٣	
R		٣٠٠٠		گروه فرعی طیف
N		٢٥٠٠		
S	قرمز پررنگ	٢٠٠٠		

جدول ٤-١

حال اگر قدر مطلق ستارگان و مقدار حرارت آنها را روی جدولی بیاوریم

Do not copy

نمـودار H-R یکـی از ابزارهـای مهـم اخترفیزیکدانـان در بررسـی سـتاره هاسـت. نمـودار هتسپرونگ-راسـل و رنگ-قـدر نامهـای دیگـر ایـن نمـودار انـد. ایـن نمـودار تعریـف پیچیـده ای نـدارد ولـی نـکات بسـیار جالـب توجهـی در بـر دارد.

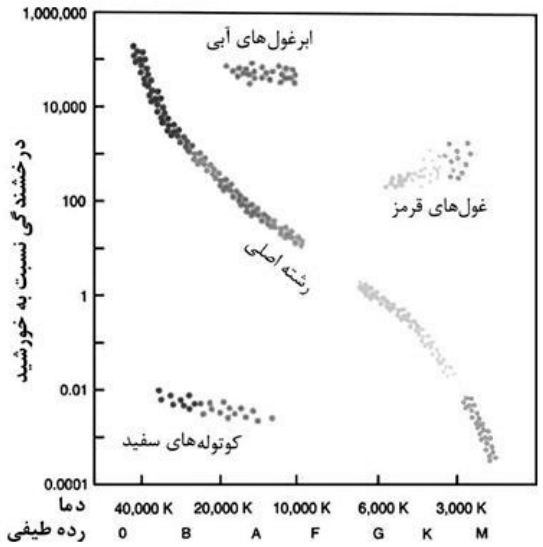
محـور طـول هـا را دمـا و محـور عـرض هـا را درخشـندگی سـتاره در نظـر بگیریـد.

حـدود ۹۰ ٪ از همـه ی سـتاره هـا بـر روی یـک نـوار باریـک قطـری که از گوشـه ی بـالای چـپ نمـودار H - R سـتاره هـای گـرم و پـر فـروغ، تـا گوشـه پاییـن راسـت سـتاره هـای سـرد کـم فـروغ امتـداد یافتـه قـرار می‌گیرنـد. ایـن نـوار قطـری را رشـته هـای اصلـی می‌نامنـد.

خورشید ما بر روی رشته اصلی جای دارد .

همـه سـتارگان رشـته اصلـی کـه از خورشـید گـرم ترنـد، از خورشـید پرنورتـر و بزرگتـر نیـز هسـتند مثـل شـعرای یمانـی

همـه سـتارگان رشـته اصلـی کـه از خورشـید سـرد ترنـد، از خورشـید کـم نـور تـر . کوچکتـر نیـز هسـتند مثـل: پروکسـیمای قنطـروس



شکل ٤-٢: نمودار هرتسپرونگ-راسل

٤-٣ فیزیک خوشه های کروی:

این نوع خوشه ها شامل تقریبا ۱۰۰۰۰۰ ستاره است، این ستاره ها چنان در هم فشرده اند که حتی با بزرگترین تلسکوپ ها نمی توان تک تک آنها را از هم تفکیک کرد.

مثلا خوشه کروی $M_{۱۳}$ در چگالترین بخش بیش از ٦٤ ستاره در هر مکعب سال نوری قرار دارند پس فاصله بین ستارگان به گونه ای است که به طور متوسط سه ماه نوری بین هر ستاره فاصله وجود دارد. از لحاظ مغایرت در نظر بگیرید که در فضای معمولی ٦٤ مکعب سال نوری فقط لازم است تا به طور متوسط یک ستاره یافت شود.

شکل٤-٣: خوشه کروی M۱۳

٤-٤ فوران کننده پرتو X:

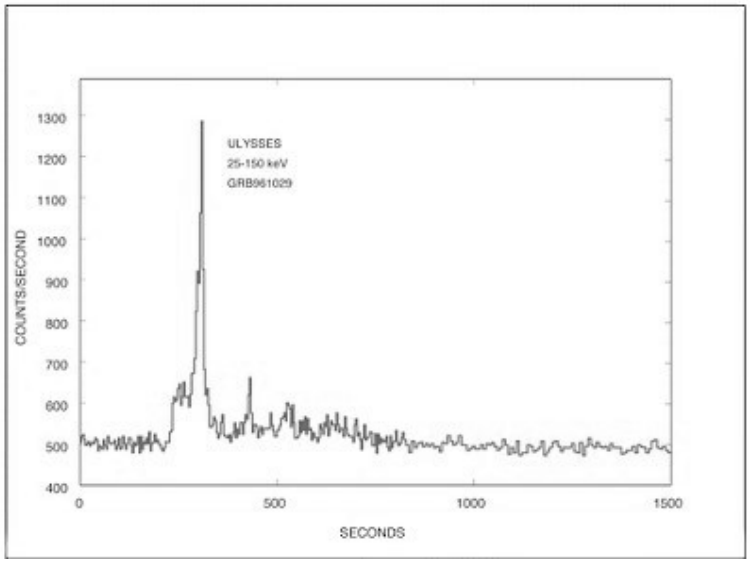
برای یک پدیده بسیار جالب در حال آشکار شدن است که ظاهرا به خوشه های کروی مربوط می شود به نظر می رسد که فوران های ناگهانی پرتوهای X و گاما ناشی از بعضی خوشه ها باشد. کشف این فوران کننده امروز به این نام ملقب شده است.

جاناتان گریندلی[٦] اخترشناس امریکایی متوجه یک افزایش ناگهانی در میزان پرتو x شد وی با دستیابی به ثبت ثانیه به ثانیه با شگفتی پی برد که ۲ ثانیه یک افزایش ناگهانی ده برابر دیده می شود. ماهواره

٦-Jonathan E. Grindlay

وگا کـه در ۱۹۷۳ بـرای کنتـرل پرتوهـای گامـا کـه بـه منظـور کشـیک عـدم تخلفـات هسـته ای بـه فضـا ارسـال شـد فـوران اشـعه x حتـی در ترازهـای انـرژی بالاتـر را نیـز آشـکار کـرد.

اولیـن فـوران کننـده متعلـق بـه خوشـه کـروی NGC٦٦٢٤ بـود کـه در بخـش پرتـو X طیـف مـی تابـد و برونـداد آن متناوبـا بـرای یـک لحظـه چنـان افزایـش مـی یابـد کـه مقـدارش از کل برونـداد خورشـید در طـی یکسـال تجـاوز مـی کنـد.



نمودار ٤-۱:

پـس از کشـف آن دسـت کـم ۲۰ فـوران کننـده دیگـر یافـت شـد اسـت کـه بعضـی از آنهـا بـه خوشـه هـای کـروی مربـوط مـی شـوند، بـرای توجیـه ایـن پدیـده نظریـات مختلفـی وجـود دارد ولـی تـا بـه حـال هیـچ کـدام مـورد توافـق اخترفیزیکدانـان قـرار نگرفتـه اسـت.

یکـی از ایـن نظریـات، نظریـه سـتارگان نوترونـی مـزدوج اسـت، در سـتارگان نوترونـی مـزدوج مـا سـتاره نوترونـی داریـم کـه حـول یکدیگـر در حـال گـردش هسـتند در اثـر تبـادل مـاده بیـن دو سـتاره اشـعه X سـاطع مـی شـود ولـی نکتـه در اینجاسـت کـه فـوران ناگهانـی نمـی توانـد توجیـه

کنـد ولـی اگـر نـزول مـاده در یـک سـتاره بـر روی لکـه ای داغ صـورت پذیـرد ممکـن اسـت بـه گرمایـش شـدید هسـته ای منجـر شـود. فـرض مـی کنیـم یـک قـرص برافزایشـی، بـه سـوی سـتاره جـذب مـی شـود پـس لاجـرم ممکـن اسـت منجـر بـدان شـود کـه مـا بیـن سـتاره و قـرص، گازی تبهگـن بـه وجـود آیـد کـه علیرغـم آنکـه دمـای داخلـی آن افزایـش یابـد افزایـش حجـم اتفـاق نمـی افتـد لاجـرم پـس از آنکـه دمـا بـه قـدر خاصـی رسـید ناگهـان انفجـار عظیمـی رخ مـی دهـد و تابشـی بـه انـدازه برونـداد خورشـید در یـک سـال را در لحظـه ای انجـام دهـد.

در نظـری دیگـر سـتارگان سـیاهچاله ای را در نظـر بگیرنـد کـه مـواد خـارج و میـان سـتاره ای را بـه سـوی خـود مـی کشـند و در ایـن سـیلان بـه داخـل سـتاره، گاز بـه شـدت داغ شـده وشـروع بـه انبسـاط مـی کنـد و ایـن انبسـاط از سـطح سـتاره موقتـا مانـع جریـان مـاده بـر روی سـتاره مـی شـود ولـی بعـد از مدتـی ناگهانـی رمبشـی صـورت مـی گیـرد و اشـعه X فراوانـی سـاطع مـی شـود.

ایـن نظـر تـا حـدی زیـاد مـی توانـد توجیـه کننـده فـوران هـای ناگهانی در خوشـه هـای کروی باشـد.

٤-٥ نظریات در تکوین خوشه های کروی:

در نظریـه ای کـه در سـال ۱۳۷۸ در مجلـه آسـتروفیزیکال[۷] وجـود دارد اشـاره شـده کـه کهکشـان هـا از ابرهـای گازی غـول آسـایی بـه وجـود آمـده انـد کـه هـر کـدام صدهـا هـزار سـال نـوری پهنـا دارنـد و آنقـدر جـرم دارنـد کـه مـی تواننـد تریلیـون هـا خورشـید درسـت کننـد در ایـن نظریـه مطـرح مـی شـود کـه سـتارگان پرجـرم در ابتـدا در مرکـز ایـن تـوده بـه وجـود مـی آینـد و تعـداد آنهـا نیـز بسـیار زیـاد و پرجـرم هسـتند، چندیـن میلیـارد سـتاره پرجـرم بـا گـذر سـریع عمرشـان بادهـای سـتاره ای شـدیدی بـه فضـای اطـراف مـی فرسـتند. و چندیـن میلیـون سـال بعـد عمرشـان بـه پایـان مـی رسـد و بـه صـورت ابرنواخترانـی منفجـر شـده و مـواد بیشـتری را بـه درون تـوده گسـیل مـی کننـد از سـویی بادهـای حاصلـه از ایـن فرآیند و

۷-Astrophysical Journal

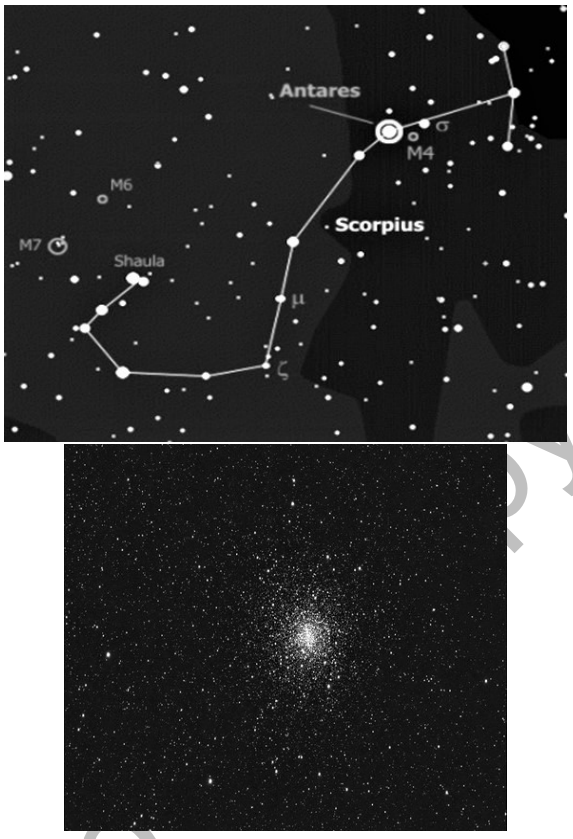
Do not copy

از سویی گرانش و رمبش حاصل از فروریزش ماده به سوی مرکز منجر به وجود آمدن پاره ابرهائی ناپایدار می شوند و همین پاره ها چنین های خوشه های کروی هستند. این مدل اولا سن زیاد خوشه های کروی، ثانیا فاصله زیادشان از هسته های کهکشانی و وفور عناصر سنگین را توضیح می دهد.

و در نظریه های دیگر همان ابر اولیه از تکه ابرهایی تشکیل شده بود که همان تکه ابرها به یکدیگر برخورد کرده و آن تکه ابرها که جرم و توان به وجود آوردن خوشه های کروی را دارند چنین های این خوشه ها را به وجود آورده اند.

٤-٥-١ خوشه کروی $M_{٤}$ و سن عالم :

تلسکوپ هابل به بررسی خوشه کروی $M_{٤}$ چشم گربه که در صورت فلکی عقرب قابل رویت است، این خوشه به گستردگی ظاهری نیم درجه و در فاصله ٦٨٠٠ سال نوری از ما قرار گرفته است. هزاران ستاره این خوشه در گستره ١٠٠ سال نوری پراکنده هستند از آنجا که خوشه های کروی شامل برخی از پیرترین ستاره های عالم هستند، تلسکوپ هابل در جستجوی پیرترین ستاره های این خوشه به سوی آن نشانه رفت ، هابل پس از عکسبرداری از ستارگان حاشیه این خوشه به کوتوله سفید برخورد کرد. همان طور که می دانیم درون کوتوله های سفید هیچ واکنش هسته ای صورت نمی گیرد، کوتوله انرژی درون خود را از راه تابش هدر می دهد تا سرانجام به یک کوتوله سیاه تبدیل شود. بدین لحاظ در طی میلیاردها سال کوتوله به تدریج سردتر و کم فروغ تر می شود. روند سرد شدن کوتوله های سفید به خوبی شناخته شده است. با توجه به سن عالم تاکنون هیچ کوتوله ای سردتر از یک دمای معین مشاهده نشده است. پس با این روش در خوشه $M_{٤}$ سردترین و پیرترین ستاره را بدست آورند که حدود ١٢.٧±٠.٧ میلیارد سال بعد از مهبانگ به وجود آمده است پس با این تخمین سن جهان در حدود ١٤ میلیارد سال تخمین زده می شود.



شکل ٤-٤: خوشه کروی M_٤ و محل قرارگیری آن در صورت فلکی عقرب

٤-٥-٢ پرتوهای گاما در هاله کهکشان:

فورانگرهای پرتو گاما که معادل GRB[۸] هستند، کشف شدند در جاهایی از آسمان، فوران شدیدی در گستره پرتو گاما دیده می شد که قبلا مشاهده نشده بود. یعنی در جاهایی از آسمان شدت تابش گاما چند میلیون برابر می شود و پس از آن فروکش می کند.

این فوران ها اولین بار توسط همان ماهواره آمریکائی که برای بررسی اشعه گاما به فضا فرستاده شده بود کشف شد، علاوه بر اشعه x، مشاهده کرد که اشعه های گاما به طور ناگهانی در مناطقی نشت می کند، به علت دلایل امنیتی و مطمئن بودن از اینکه این اشعه

۸- Gama Ray Burst

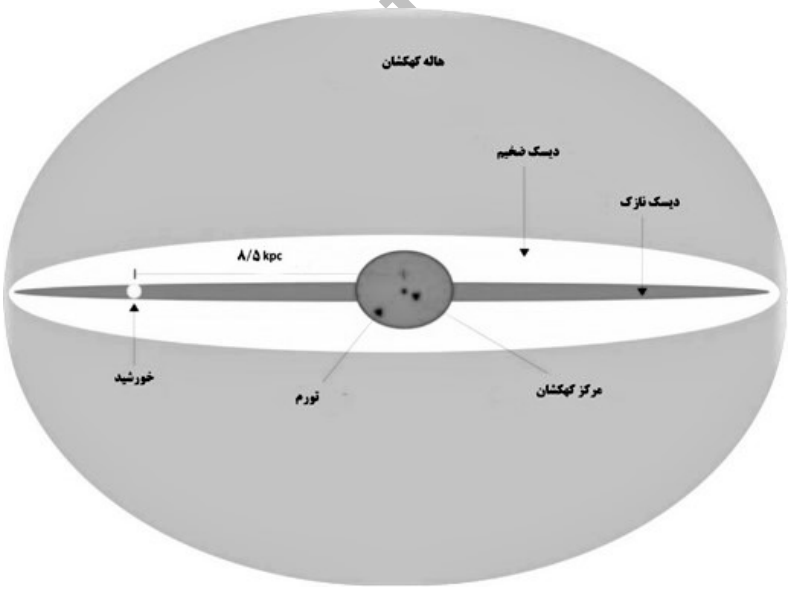
متعلـق بـه اتحـاد جماهیـر شـوروی اسـت کـه آزمایـش هـای هسـته ای انجـام مـی دهـد، نتیجـه پژوهـش هـا منتشـر نشـد.

ولـی بعدهـا متوجـه شـدند کـه ایـن اشـعه هـا منشـاء غیـر زمینـی و آسـمانی داریـد تـا پیـش از ماهـواره کامپتـون کـه اختصـاص بـه پرتوهـای گامـا دارد و دور زمیـن مـی گـردد در مجمـوع ۱۰۰ تـا ۱۵۰ از ایـن فورانگرهـا در مـدت ۱۰ تـا ۱۵ سـال کشـف شـده بـود، کـه محـل آن مشـخص نبـود و الانـم مشـخص نیسـت، ایـن ماهـواره توانسـت حـدود ۲۰۰۰ فـوران ثبـت کنـد کـه نکتـه قابـل توجـه اینجاسـت کـه هیـچ کـدام از ایـن پرتوهـا متنـاوب نیسـتند چیـزی کـه در مـورد ایـن ۲۰۰۰ فورانگـر شـایان توجـه اسـت توزیـع یکنواخـت آنهـا در آسـمان اسـت. یعنـی اگـر مـکان آنهـا را برحسـب طـول و عـرض کهکشـانی مشـخص کنیـد، یـک توزیـع همسـانگرد بـه دسـت مـی آیـد. اینهـا متعلـق بـه کهکشـان مـا نیسـتند چـرا کـه اگـر متعلـق بـه کهکشـان مـا بودنـد بایـد در صفحـه کهکشـان واقـع مـی شـدند در حالیکـه مشـاهده مـی شـود تعـدا آنهـا در صفحـه کهکشـان بـا تعـداد آنهـا در خـارج از آن یکـی اسـت. بـرای بررسـی بیشـتر ایـن پرتوهـا تصمیـم گرفتنـد کـه در یـک طـرح تحقیقاتـی وقتـی ماهـواره یکـی از ایـن پرتوهـا را دریافـت کـرد ناگهـان اپتیکـی و رادیوئـی بـه آن ناحیـه متوجـه شـوند، و در ایـن عملیـات کهکشـانی را در آن منطقـه پیـدا کردنـد کـه بـا پدیـده انتقـال بـه سـرخ متوجـه شـدند کـه فاصلـه دوری از مـا دارنـد، مشـخص اسـت کـه هنگامـی کـه از فاصلـه ای بدیـن دوری چنیـن تابشـی دریافـت مـی شـود اگـر مقـداری نزدیکتـر بـود چه اتفاقـی مـی افتـد قطعـا حیـات را روی زمیـن تحـت تاثیـر قـرار مـی داد. پـس منشـاء بسـیاری از ایـن پرتوهـای گامـا خـارج از کهکشـان راه شـیری قلمـداد مـی شـود کـه براثـر تصـادم دو سـتاره نوترونـی بـه وجـود امـده انـد.

دکتـر جـلال الدیـن صمیمـی از مدرسـین دانشـکده فیزیـک دانشـگاه شـریف در طـی تحقیقاتـی زیـر نظـر دکتـر دیکسـون نشـان داد پرتوهـای گامـا در صفحـه کهکشـان خودمـان و از چشـمه هـای نقطـه ای و انـرژی بـالا مـی آینـد. عـلاوه بـر پرتوهـای گامایـی کـه از صفحـه کهکشـان مـی آینـد از هالـه کهکشـان هـم پرتـو گامـا مـی آیـد کـه در انـرژی هـای بـالای ۱Gev و ۲Gev دیـده مـی شـود یعنـی اگـر انـرژی هـای پاییـن را بررسـی کنیـم ایـن

نقـاط دیـده نخواهـد شـد. امـا ایـن اشـعه در هالـه کهکشـان بـا انـرژی بـالا از کجـا مـی آیـد و چگونـه تولیـد شـده اسـت همـان طـور کـه مـی دانیـد، پرتـو گامـا تابـش الکترومغناطیـس اسـت بـا طـول مـوج هـای بسـیار کوتـاه، کـه منشـاء آنهـا غالبـا نابـودی زوج الکترون-پوزیتـرون واکنـش هـای هسـته ای یـا حرکـت پـر شـتاب الکتـرون هـا در میـدان مغناطیسـی بسـیار قـوی اسـت.

یـک منظومـه واسـط میـان هالـه کـروی خوشـه هـای کـروی و قـرص پهـن وجـود دارد کـه در آنجـا سـتارگان جدیـد تشـکیل مـی شـوند. این واسـط مرکـب از متغیرهایـی بـا دوره نیمـه طولانـی شـبه غولهـا، کوتولـه های سـفید، کوتولـه هـای نـوع G و نـوع M سـحابی هـای سـیاره ای اسـت. از آنجـا کـه خوشـه هـای سـتاره ای از رمبـش ابرهـای مولکولـی غـول پدیـده آمـده و مـی تـوان گفـت کـه همـه سـتارگان درون یـک خوشـه تقریبـا همزمـان متولد شـده انـد. ابرهـای مولکولـی که منشـاء شـکل گیـری خوشـه های سـتاره ای هسـتند



شکل ٤-٥

خـود از ابـر پیـش کهکشـانی بوجـود آمـده انـد و توزیـع آنهـا نیـز در کهکشـان مـا بـه طـور تصادفـی نیسـت تلاشـهای بسـیار زیـادی در رصـد

ابرهـای مولکولـی در کهکشـان راه شـیری انجـام شـده و امـروزه مـی دانیـم کـه تقریبـا بیشـتر ابرهـای مولکولـی در صفحـه کهکشـان و در شـعاع هـای میانـی آن واقعنـد در نتایـج بدسـت آمـده در فاصلـه Kpc ۵ احتمـال شـکل گیـری خوشـه هـا بسـیار ضعیـف اسـت زیـرا در اثـر ناپایـداری ابعـاد، خوشـه هـا خیلـی کوچـک نمـی شـوند، ولـی در فاصلـه هـای Kpc ۸/۵ ایـن احتمـال قویتـر شـده و در فاصلـه Kpc ۱۱ بـاز ایـن احتمـال قویتـر مـی شـود و در فاصلـه Kpc ۱۷ کامـلا غیـر محتمـل اسـت.

از جملـه اجرامـی کـه مـی تـوان در ایـن محیـط هـای میانـی اسـت ماچوهـا[۹] هسـتند کـه همـان سـتارگان فشـرده ای کـه تابشـی از خـود ندارنـد و ممکـن اسـت کـه بـه عنـوان نامـزدی از ، نامزدهـای مـاده تاریـک شـناخته شـوند.

ایـن ماچوهـا را بـا عنـوان میکرولنزهـای گرانشـی نیـز نـام مـی برنـد. همـان طـور کـه مـی دانیـم طبـق نسـبیت عـام اینشـتین میـدان گرانشـی یـک جـرم فشـرده نـوری را کـه از یـک چشـمه در پشـت آن مـی آیـد منحـرف مـی کنـد ایـن اثـر را همگرائـی گرانشـی مـی نامنـد، و جسـمی را کـه باعـث همگرائـی مـی شـود، عدسـی گرانشـی مـی نامنـد اگـر چنانچـه مـا از درون کهشـان خـود، سـتارگان یـک کهکشـان دیگـر مثـل آندرومـدا یـا ابرهـای ماژلانـی را رصـد کنیـم، اگـر در مسـیر دیـد سـتاره ناگهـان یـک ماچـو قـرار بگیـرد، متوجـه مـی شـویم کـه نـور سـتاره بـه ناگهـان زیـاد و کـم مـی شـود، امـا نبایـد ایـن زیـاد و کـم شـدن نـور بـا سـتارگان متغیـر اشـتباه گرفـت.

رویدادهـای زیـر همگرائـی گرانشـی بـرای یـک سـتاره زمینـه نوعـی تنهـا یـک بـار مـی توانـد رخ بدهنـد. بدیـن معنـی کـه بـرای رویدادهـای ریزهمگرائـی تنهـا یـک افزایـش دامنـه در منحنـی سـتاره زمینـه اتفـاق مـی افتـد، بنابرایـن بـا دنبـال کـردن منحنـی نـوری سـتاره هـای زمینـه، مـی توان سـتاره هـای متغیـر و یـا دوتائـی هـا را از مجموعـه کـردن کاندیدهـای ریـز همگرائـی حـذف کـرد. لازم بـه ذکـر اسـت کـه احتمـال ریـز همگرائـی یـک

۹- Massive Astrnomiral Compact Halo Object

ستاره زمینه خاص برای دوبار از مرتبه $۱۰^{-۱۳}$ می باشد.

تک رنگی: ریز همگرائی گرانشی مستقل از طول موج نور ستاره زمینه بوده و تنها تابع هندسه سیستم است. بنابراین انتظار داریم که میزان تقویت نور برای طول موجهای مختلف به یک اندازه است.

Do not copy

فصل پنجم

الکترومغناطیس در کهکشان ها

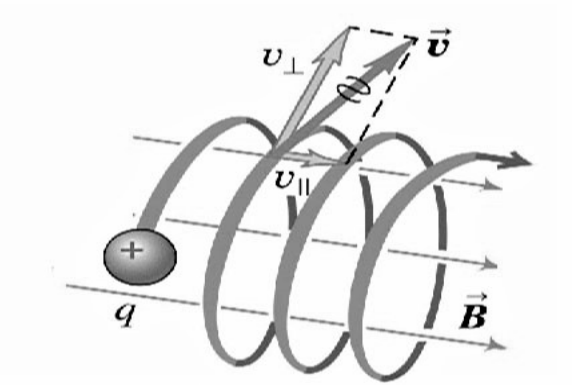
Do not copy

۵-۱ میدان های مغناطیسی کهکشان راه شیری:

یک بار الکتریکی که از یک میدان مغناطیسی کهکشانی می گذرد تحت نیروی f به نام نیروی لورنتس قرار می گیرد.

$$f = \frac{qv \times B}{c} \qquad ۵-۱$$

که v سرعت بار ,B میدان مغناطیسی و c تندی نور هستند. حاصلضرب برداری معادله بالا نشان می دهد که نیرو و بنابراین، شتاب وارد بر بار، بر سرعت و جهت میدان هر دو عمود است، بنابراین، بار در طول خطوط میدان مغناطیسی بدون تغییر انرژی می چرخد.



شکل ۵-۱

در یـک میـدان مغناطیسـی ثابـت حرکـت یـک ذره یـک حرکـت حلزونـی بـا فاصلـه ثابـت بیـن حلقـه هاسـت. ایـن هـا مـی تواننـد در طـول خطـوط میـدان مغناطیسـی حرکـت کننـد، امـا نمـی تواننـد در عـرض ایـن خطـوط مسـافت قابـل ملاحظـه ای را بپیماینـد. مـی گوییـم کـه ذرات در خطـوط میـدان منجمـد شـده انـد و ترکیـب ایـن حرکـت ذره و میـدان را جریـان واقعـی منجمـد شـده مـی گوینـد.

تنهـا راهـی کـه مـی توانـد ذرات را از ایـن انجمـاد خـارج بکنـد برخـورد ذرات دیگـر بـه ایـن ذرات منجمـد شـده اسـت بدیـن لحاظ هسـت کـه در محیط هـای چگالـی مثـل ابرهـای میـان سـتاره ای مـی توانـد از انجمـاد جلوگیـری کـرده و تمایـل بـه نابـودی میادینـی را دارد کـه در اثـر انجمـاد بـه وجـود آمـده اسـت.

۵-۱-۱ شتاب میدان مغناطیسی ذرات:

یکـی از کارهـای فـارادی در الکترومغناطیـس کشـف ایـن موضـوع بـود کـه میـدان هـای متغیـر باعـث ایجـاد یـک جریـان الکتریکـی در محیـط مـی شـود، بـر جهـت مولفـه متغیـر زمانـی میـدان عمـود اسـت، یـک جریـان الکتریکـی معمـولا از دوجملـه تشـکیل مـی شـود، اولیـن جملـه جریـان واقعی بـار در پاسـخ بـه میـدان الکتریکـی اعمـال شـده را بیـان مـی کنـد و جملـه دوم مربـوط بـه جریـان مجـازی اسـت کـه تغییـرات در میـدان اعمـال شـده را نشـان مـی دهـد. ایـن تغییـر بـه یـک میـدان مغناطیسـی منجـر مـی شـود.

$$\frac{1}{C}\frac{\delta}{\delta t}\int B.ds = -\oint E.dl \qquad ۵-۲$$

طبـق فرمـول فـوق اگـر هـر ناحیـه از فضـای بیـن سـتاره ای ناگهـان در معـرض یـک میـدان مغناطیسـی فزاینـده قـرار بگیـرد، بارهـای الکتریکـی یـک میـدان الکتریکـی موثـر متناسـب بـا آهنـگ تغییـرات زمانـی B، دریافـت خواهـد کـرد. بـه ایـن پدیـده حالـت بتاتـرون مـی گوینـد ایـن فراینـد مـی توانـد در فضـای بیـن سـتاره ای در شـتاب دادن ذرات بـاردار بـه سـرعت هـای بسـیار زیـادی کـه در کیهـان باعـث مـی شـود موثـر باشـد.

افزایـش سـریع در شـدت میـدان مغناطیسـی مـی توانـد بـا تراکـم یـک

Do not copy

ابـر کهکشـانی در جهـت عمـود بـر میـدان مغناطیسـی آن صـورت پذیـرد، چنیـن تراکمـی هنـگام برخـورد ابرهـای میـان کهکشـانی بـا یکدیگـر یـا بـا گازهـای سـریعی کـه از ابرنواخترهـا تابـش مـی شـوند، مـی توانـد تحقـق یابـد. ایـن فراینـد مـی توانـد تابشـهای کهکشـانی کـم انـرژی تولیـد کنـد کـه گاهـی بـه آنهـا ذرات بسـیار پرانـرژی تولیـد کنـد.

۵-۱-۲ آینـه هـای مغناطیسـی، بطـری هـای معناطیسـی و ذرات پرانـرژی کیهانـی:

یـک بطـری مغناطیسـی شـامل دو آینـه مغناطیسـی کـه در بیـن آن دو ذره و بـی آنکـه بتوانـد فـرار کنـد بـه جلـو وعقـب مـی رود. سـازوکار شـتاب پینگ پونگـی فرمـی مـی توانـد شـامل یـک بطـری مغناطیسـی (درهـم فرورفتـه) باشـد کـه درآن دو آینـه مغناطیسـی نزدیـک مـی شـوند. گاهـی ذرات پرتـو کیهانـی را بـا ضریـب سـختی مغناطیسـی BR_l مشـخص مـی کنیـم در سـاختار فرمـی فـرض بـر ایـن اسـت کـه ذرات پرتـو کیهانـی از بیـن ابرهـای گازی کهکشـان عبـور مـی کننـد، در هـر ابـر یـک میـدان مغناطیسـی نهفتـه اسـت وقتـی کـه یـک ذره بـه ابـر نزدیـک و عمـود بـر جهـت میـدان وارد مـی شـود بـه علـت نیـروی

$$f = \frac{qv \times B}{c}$$

بـه عقـب بازمـی گـردد، پـس از پشـت سـر گذاشـتن یـک نیـم دایـره ذره بـاردار خـود را در کنـار ابـر و در جهتـی کـه از آن وارد شـده بـود مـی یابـد، پـس انعـکاس بـرای ذراتـی کـه در امتـداد خطـوط نیـرو وارد مـی شـوند پیـش مـی آیـد.

اگـر ذره برابـری فـرود آیـد کـه از آن دور مـی شـود تکانـه ذره پـس از برخـورد کمتـر از قبـل از برخـورد اسـت و بالعکـس پـس بطـور آمـاری ذرات در اثـر برخـورد بـا ابرهـا افزایـش تکانـه مـی یابنـد و مـی تواننـد در حـد انـرژی هـای بـزرگ شـتاب بگیرنـد.

یکـی از ایـن برخوردهـا مـی تـوان یـک ذره بـا پوسـته پرتـاب شـده ابرنواختـر در حـال انبسـاط را نـام بـرد بعـد از هـر برخـورد ذره شـتاب

گرفتـه و بـر مـی گـردد و مجـددا توسـط یـک میـدان مغناطیسـی خارجـی بـه سـمت پوسـته منحـرف مـی شـود.

۵-۲ هسته های کهکشانی:

هسـته کهکشـان هـا را نمـی توانیـم بـا وسـایل نـوری مشـاهده کنیـم، دخالـت ابرهـای غبـار، نـور هسـته را عمـلا چنـان در پـس خـود مسـتور مـی کننـد کـه فقـط یـک تریلیونیـوم نـور بالقـوه آن از ایـن ابرهـا مـی گـذرد امـا امـروزه مـا هسـته را در طـول مـوج هـای رادیویـی، در فروسـرخ و در پرتوهـای x مشـاهده مـی کنیـم. قـوی تریـن منبـع گسـیل امـواج رادیویـی فروسـرخ در یـک ناحیـه بسـیار محـدود از صـورت فلکـی قـوس مـی افتـد، که انـدازه قطـر ۳۰ تـا ۴۰ سـال نـوری و جرمـش ۱ تـا ۱۰ میلیـارد جـرم خورشـیدی بـرآورده مـی شـود در همـان قلـب هسـته ممکـن اسـت یـک سـیاهچاله بسـیار پرجـرم وجـود داشـته باشـد.

مـاده ای کـه روی چنیـن شـی فـرو مـی ریـزد ممکـن اسـت واکنـش هـای شـدیدی بـرای تولیـد پرتوهـای x ایجـاد کنـد و پدیـده هـای مشـاهده شـده ای را بـه راه انـدازد.

Do not copy

فصل ششم

سیاهچاله ها

Do not copy

میان نیروهایی که در طبیعت شناخته شده اند، گرانش سرشتی کاملا متفاوت دارد، گرانش نیرویی است که به جرم جسم بستگی دارد، یعنی متناسب با مقدار ماده موجود در جسم است با این احتساب همه اجرام به هم نیرو وارد می کنند، حتی فوتون، که جرم سکون صفر است به علت هم ارزی انرژی و ماده تحت تاثیر گرانش قرار می گیرد و منحرف می شود. اما نیروی الکترومغناطیس همچون گرانش نیست، یک جسم می تواند بار داشته باشد یا نداشته باشد یک وجه تمایز نیروی گرانش یک طرفه بودن آن است یعنی فقط جذب می کند برخلاف نیروی الکترومغناطیسی که هم جاذبه دارد و هم دافعه، یعنی می توان سه جسم را طوری مرتب کرد که عملا برآیند نیروهای وارد بر هر ذره ای صفر شود. و در حالت تعادل قرار می گیرد مثلا در حالت معمولی مواد در حالت تعادل هستند اگر غیر این صورت بود هیچگاه هیچ جسمی به تعادل نمی رسید.

اما اجرام نجومی که ماده زیادی دارند خود به خود نیروی گرانشی در آنها قوی است برای حفظ تعادل و مقابله با گرانش نیازی به نیرو دارند. اما گرانش هیچگاه نمی تواند خود را خنثی کند، مثلا در خورشید که حالت تعادل هیدروستاتیکی است، هر لحظه ماده می خواهد رمبش کند، ولی نیروهای انفجاری حاصل از مرکز مانع رمبش خورشید می شود، و خورشید را در حالت تعادلی قرار می دهند، اگر نیروی مناسبی نباشد که در مقابل گرانش مقاومت کند، جسم بر اثر

گرانش خود در هم فرو می ریزد. و برای در هم فرو ریزش هیچ حد و مرزی وجود ندارد تا آنجا که به گرانش نیوتنی مربوط است جسم باید در حد یک نقطه با ابعاد صفر کوچک می شود و چگالی آن در حد بی نهایت بزرگ، به چنین جسمی حفره سیاه یا سیاهچاله و به آن نقطه با چگالی بی نهایت تکینگی می گویند.

٦-١-١ سرعت فرار:

سرعت فرار کمیتی است که برای مشخص کردن شدت نیروی گرانش به کار می رود. اگر چنانچه سنگی را به سوی بالا پرتاب کنیم پس از مدت کوتاهی سنگ به زمین باز می گردد در واقع نیروی گرانشی که جهت آن همواره به سمت مرکز زمین است سبب بوجود آمدن شتابی کند کننده در اجسامی می شود که به سمت بالا می روند.

برای توضیح آن به مفهوم انرژی گرانشی اشاره می کنیم، انرژی عبارتست از توانایی جسم برای تغییر برای تغییر وضعیت فیزیکی خود یا دیگران دارد. وقتی جسمی با سرعت حرکت می کند توانایی زیادی برای تغییر وضعیت خود یا دیگران دارد.

اگر جسمی با جسم دیگری برخورد کند اگر سرعت جسم اول خیلی زیاد باشد این برخورد کوبنده و مخرب خواهد بود. بنابراین نتیجه می گیریم که انرژی به سرعت بستگی دارد، به همین ترتیب می توانیم استدلال کنیم که انرژی به جرم هم باید بستگی داشته باشد مثلا کوبندگی یک قطار در حال حرکت کند از یک ماشین بیشتر است چون قطار جرم بیشتری دارد. اگر بخواهیم دقیق بگوییم انرژی به نصف حاصلضرب جرم در مجذور سرعت بستگی دارد. به کمک نمادهای فیزیک انرژی حرکتی را که از این پس به انرژی جنبشی مشهور است چنین می نویسی

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \qquad ١-٦$$

در کنار انرژی جنبشی انرژی دیگری به نام انرژی پتانسیل وجود

Do not copy

دارد که براثر اندرکنش بین اجسام به وجود می آید. اجسامی که بهم نیرو وارد می کنند می توانند حاصل این نوع انرژی باشند مثلا فرض کنید جعبه ای را از روی زمین بلند می کنید و روی میز می گذارید. برای این کار باید انرژی صرف کنید به بیان دیگر باید کار انجام دهید، بعد از انتقال این کار در جعبه ذخیره می شود و وقتی جعبه دوباره به زمین برخورد کند مثل اینکه انرژی ذخیره شده در خود را پس می دهد.

به این نوع انرژی، که بر اثر تاثیر نیروی گرانشی در اجسام ذخیره می شود، انرژی پتانسیل گرانشی می گویند. هر چه اجسام از یکدیگر دور باشند انرژی پتانسیل ذخیره شده در آنها بیشتر و هر چه نزدیک باشند این انرژی کمتر می شود.

وقتی اجسام را از فاصله دور از یکدیگر رها می کنیم، بر اثر نیروی گرانشی به سمت هم شتاب می گیرند و چون فاصله آنها زیاد است فرصت بیشتری برای شتاب گرفتن دارند، و وقتی بهم می رسند سرعت بیشتری پیدا می کنند یا به عبارتی انرژی جنبشی بیشتری دارند که بر اثر انرژی آزاد شدن انرژی پتانسیل گرانشی باید با عکس فاصله رابطه داشته باشد.

به همین ترتیب می توانیم استدلال کنیم که انرژی گرانشی به حاصلضرب جرم دو جسم هم بستگی دارد، زیرا هر چه جرم دو جسم بیشتر باشد نیروی گرانشی که خود سبب شتاب گرفتن و افزایش سرعت است بیشتر می شود، و خود به خود موجب تولید انرژی جنبشی بیشتری می شود.

اگر بخواهیم انرژی پتانسیل گرانشی را با نمادهای فیزیکی نمایش دهیم.

$$E_G = -\frac{Gm_1m_2}{r} \qquad ٢-٦$$

بنابه رابطه بالا اگر دو جسم بی نهایت از هم دور باشند انرژی پتانسیل آنها صفر است اگر خیلی از هم دور باشند براثر نیروی

گرانشی ضعیفی که بین آنها است به هم نزدیک می شوند پس انرژی پتانسیل گرانشی آنها کمتر می شود چون در بی نهایت صفر بوده است در فاصله نزدیکتر باید کمتر از صفر یا منفی شود. برای همین است که در رابطه بالا علامت منفی داریم.

$$E_K = E_G \qquad ۳-۶$$

$$\frac{۱}{۲}mv^{۲} = \frac{Gm_{\oplus}m}{R_{\oplus}} \qquad ۴-۶$$

$$V_e = \sqrt{۲GM_{\oplus}/R_{\oplus}} \qquad ۵-۶$$

با آنچه که از انرژی آموختیم مساله پرتاب سنگ به هوا را بهتر بررسی می کنیم وقتی سنگی را به هوا پرتاب می کنیم در واقع آن را از زمین دور می کنیم یعنی انرژی پتانسیل گرانشی ذخیره شده در آن را افزایش می دهیم. این کار سبب می شود که انرژی جنبشی آن کم شود و سنگ تا جایی بالا می رود که انرژی جنبشی دارد. سپس متوقف می شود و تمام انرژی به انرژی پتانسیل تبدیل شده پایین می آید و هر چه به زمین نزدیکتر می شود انرژی پتانسیل آن کمتر و انرژی جنبشی یا سرعت آن بیشتر می شود.

سوال اینجاست یک سنگ را با چه سرعتی پرتاب کنیم که هیچگاه به زمین بازنگردد؟

اگر انرژی جنبشی سنگ در هنگام پرتاب مساوی یا بیشتر از انرژی پتانسیل گرانشی آن باشد سنگ هرگز به زمین باز نخواهد گشت. یا از میدان گرانشی زمین فرار خواهد کرد اگر در رابطه فوق به جای $R_{\oplus}$ و $M_{\oplus}$ شعاع و جرم زمین را بگذاریم V_e سرعت فرار گریز از زمین را به ما می دهد که برابر با H Km/s می باشد.

Do not copy

۶-۲ شعاع شوارتزشیلد[۱۰] :

شتاب گرانش با عکس مجذور فاصله متناسب است به این معنا که هر قدر به منبع گرانش نزدیکتر شویم، باید شتاب آن بیشتر شود. در حوزه منظومه شمسی عطارد شتاب گرانشی بیشتری نسبت به خورشید از ما که روی زمین هستیم احساس می کند، هر چه شتاب گرانشی بیشتر باشد سرعت فرار از میدان گرانشی بیشتر خواهد بود. سرعت فرار از میدان گرانشی خورشید در مدار عطارد حدود با ۶۷ Km/s و در مدار با ۴۲ Km/s است.

شکل ۶-۱: شعاع شوارتسشیلد

بنابراین هر چه به خورشید نزدیکتر می شویم سرعت فرار بیشتر و بیشتر می شود. آیا در نزدیکی خورشید جایی وجود دارد که سرعت فرار حتی از سرعت نور هم بیشتر شود؟

سرعت فرار در سطح خورشید حدود با ۶۱۷ Km/s است، اگر به درون خورشید برویم چه می شود؟ سرعت فرار به جای افزایش کاهش می یابد وقتی به درون خورشید می رویم هر چند به مرکز آن نزدیکتر می شویم قسمتی از ماده خورشید را هم پشت سر می گذاریم. آن قسمت از ماده خورشید که پشت سرماست ما را به سوی عقب می کشد، و نیروی گرانش خورشید را ضعیف می کند. این موضوع را بامثالی تجسم کنیم. فرض کنید روی زمین چاهی به عمق یک کیلومتر

۱۰- Schwarzschild radius

حفر کنیم وقتی به درون چاه می رویم احساس می کنیم که وزن ما کم شده است علت آن نیروی گرانشی است که دیواره های چاه و یا آن قسمت از جرم که بالای سرماست به ما وارد می کنند در واقع آنها را به سمت بالا می کشند و وزن را کم می کنند. واگر به مرکز زمین برویم نیروی گرانشی صفر می شود.

همه اینها حاکی از آن است که حداکثر میدان گرانشی خورشید ۶۱۷ Km/s است که همان سرعت فرار از خورشید است. برای اینکه سرعت فرار را بیشتر کنیم فقط یک راه وجود دارد اینکه خورشید را فشرده کنیم. پس سطح خورشید به مرکز آن نزدیک می شود. پس شتاب گرانشی آن قوی تر و سرعت فرار برای گریز از میدان گرانش بیشتر می شود. اما تا چه اندازه می توان خورشید را فشرده کرد؟ روشن است که بیشترین مقدار برای سرعت فرار از سطح آن برابر سرعت نور است، شعاع شوارتزشیلد نامیده می شود، اگر جسمی را به اندازه شعاع شوارتزشیلد آن فشرده کنیم تبدیل به سیاهچاله خواهد شد.

۶-۳ سیاهچاله[۱۱] :

اگر سرعت فرار از میدان گرانش یک جرم نجومی بیش از سرعت نور شود آن جرم سیاهچاله نامیده می شود. وقت می گوییم سرعت فرار از میدان گرانشی بیش از سرعت نور است یعنی اگر کسی در چنین گرانشی به دام بیفتد امکان فرار از آن نخواهد داشت. برای ساختن سیاهچاله جرم بسیاری لازم نیست حتی با یک پرتقال می توان سیاهچاله ساخت فقط باید پرتغال را به اندازه کافی فشرده کنیم، به ازای هر مقدار جرم شعاعی وجود دارد که به آن شعاع شوارتزشیلد گفته می شود. اگر آن مقدار جرم را در کره ای به اندازه شعاع شوارتزشیلد جای دهیم تبدیل به یک سیاهچاله می شود. برای پرتغال ۱.۵×۱۰^{-۲۶} cm برای زمین ۱cm و برای خورشید ۳ کیلومتر است. پس ساختن یک سیاهچاله از پرتغال کار بسیار سختی است و تا به

۱۱- Black hole

Do not copy

حال ابزاری وجود نداشته که چنین کاری را انجام دهد. پس در طبیعت سیاهچاله چگونه بوجود می آید؟ پاسخ در خود نیروی گرانش است، گفتیم که گرانش نیرویی یک طرفه است یعنی همواره جذب می کند هر چه بیشتر ماده روی هم انباشته شود نیروی گرانش قدرتش بیشتر می شود.

حداقل جرمی که می تواند یک سیاهچاله به وجود آورد چهار برابر جرم خورشید، لازم است.

٦-٤ مرکز کهکشان راه شیری:

سیاهچاله ها در دسته ستارگان پرجرم قرار می گیرد و دارای ترازهای نیروی گرانشی بالایی هستند دماهایی که در هسته آنها ایجاد می شود در مرتبه یک میلیون کلوین است و پیش از رمبش هسته ممکن است عناصر سنگین مانند آهن در آن تولید شود. در منتها درجه نیروی گرانش مربوط به ستارگان پرجرم، گرچه بخش قابل ملاحظه ای از جرم ستاره ممکن است همراه با یک انفجار ابرنواختری از آن جدا شود، اما اندازه حرکت ایجاد شده در هسته در حال تراکم نمی تواند با فشار نوترون متوقف شود و فرجام گریزناپذیر بر آن تولد سیاهچاله است.

آلبرت اینشتین امکان چنین رمبشی را در نظریه نسبیت عام خود که در سال ۱۹۱۵ منتشر شد پیش بینی کرد کارل شواتزشیلد در سال ۱۹۱٦ پیشگویی کرد که وقتی ستاره به اندازه معینی دستخوش رمبش شود. تابش حاصل از آن ستاره دیگر نمی تواند به علت نیروی گرانش عظیمی که پیش می آید فرار کند. اگر ستاره ای با سه جرم خورشیدی به صورت یک سیاهچاله رمبیده شود این دام اندازه ی تابش وقتی اتفاق می افتد که شعاع ستاره به ۹ کیلومتر کاهش یابد.

این شعاع شوارتزشیلد شعاعی است که در آن ذرات و تابش فقط می تواند به سوی تکینگی فرو افتد.

در واقع هر ذره ای به سیاهچاله نزدیک شود، تابش آن به هنگام

عبـور از ایـن کـره متوقـف مـی شـود و دیگـر مـا نمـی توانیـم شـاهد رویدادی باشـیم بدیـن لحـاظ کـره شوارتسشـیلد غالبـا افـق رویـداد مـی نامنـد.

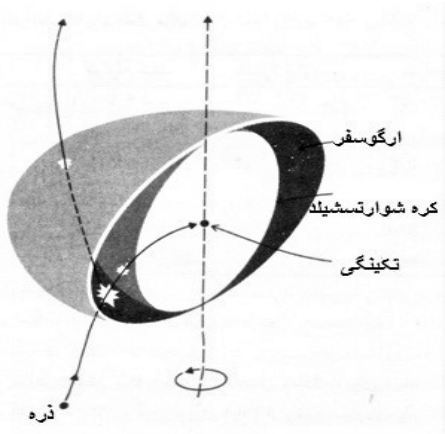
یـک ذره پیـش از رسـیدن بـه افـق رویـداد دسـتخوش شـتاب سـریعی مـی شـود و در نتیجـه برخـورد بـا ذرات دیگـر احتمـالا تـا یـک میلیـارد کلویـن گرمـا ایجـاد مـی کنـد بـه طـوری کـه مـی تـوان انتظـار داشـت تابـش آن در بخـش پرتـو x طیـف بیفتـد.

ایـن تامـلات اخترشناسـان را وادار کـرد کـه منابـع شـناخته شـده پرتـو x را بازنگـری کننـد و دربـاره محتملتریـن شـرایط موجـود بـرای مکیـده شـدن مـاده در سـیاهچاله هـا تعمـق کننـد. یـک سـیاهچاله را از طریـق دیـدن نمـی تـوان آشکارسـازی کـرد امـا اگـر سـیاهچاله عضـوی از یـک منظومـه مـزدوج باشـد، غـول سـرخ همتـای آن ممکـن اسـت در آشکارسـازی آن موثـر باشـد. میـدان گرانشـی بسـیار قـوی سـیاهچاله مقـداری مـاده از قسـمت خارجـی غـول سـرخ در حـال انبسـاط را جـذب مـی کنـد وقتـی ایـن مـاده بـه سـوی سـیاهچاله سـرازیر مـی شـود متلاطم است کـه تابـش پرتـو x تولیـد مـی کنـد.

۶-۵ سیاهچاله های چرخان:

از بحثـی کـه تـا اینجـا داشـتیم تصـور اینکـه سـیاهچاله مقـداری از انرژیـش را بـه عالـم خـارج رهـا کنـد دشـوار اسـت. امـا سـیاهچاله هـای چرخـان ممکـن اسـت ایـن کار را بکنـد. وقتـی کـه سـتاره رمبـش مـی کنـد بدلیـل بقـای انـدازه حرکـت زاویـه چرخـش حـول خـودش زیادتـر می شـود. در نتیجـه ایـن چرخـش یـک ناحیـه اندکـی پهـن شـده بـه نـام ارگوسـفر خـارج از سـیاهچاله ایجـاد مـی کنـد. ذره ای کـه بـه ارگوسـفر وارد مـی شـود ممکـن اسـت بـه دو ذره دیگـر شـکافته شـود یکـی وارد سـیاهچاله شـود و دیگـری بـا جـرم انـرژی بیشـتر از ذره اصلـی بیـرون مـی افتـد. ایـن جـرم انـرژی اضافـی را از انـرژی چرخشـی سـیاهچاله بـه دسـت مـی آیـد.

Do not copy



شکل ٦-٢: سیاهچاله چرخان

٦-٦ انفجار سیاهچاله ها:

از همان آغاز گرایش فیزیکدانان به پذیرش این امر که هیچ چیز نمی تواند از درون یک سیاهچاله بگریزد و اگر چیزی نتواند سریعتر از نور سیر کند در این صورت چیزی نمی تواند از سیاهچاله بگریزد این الگوی فکری دوام یافت تا آن که کوشش هایی به عمل آمد برای سازگار کردن چند نظریه از بنیادی ترین نظریه های فیزیک مثل نظریه نسبیت خاص و نسبیت عام و نظریه کوانتومی، نسبیت عام رمبش ستارگان پرجرم را به آنچه امروزه اساسا سیاهچاله می نامند تایید می کرد، و گرانش را به گونه ای متفاوت با نظریه نیوتون توصیف می نمود ولی هنوز در وحدت بین گرانش و مکانیک نیوتونی موفقیتی حاصل نشده است، نظریه کوانتوم در جهان زیر اتمی سیر می کند در حالی که نسبیت عام در عالم بزرگ مقیاس، پس ارتباط این دو بسی دشوار بنظر می رسید.

اما جوانی به نام استیون هاوکینگ[۱۲] این ارتباط را به گونه ای برقرار کرد وی گفت فشار بی حد مربوط به تولد عالم به آسانی می توانست سیاهچاله های کوچکی به اندازه ۰/۰۰۰۰۱ گرم جرم و شعاع شوارتزشیلد $۱۰^{-۳۳}$ گرم ایجاد نکند. اما ابعاد عادیتر شامل $۱۰^{۱۵}$

۱۲- Stephen William Hawking

و شعاع $۱۰^{-۱۳}$ یعنی اندازه پروتون خواهد بود این در ابعادی است که در محدوده مکانیک کوانتومی است.

هاوکینگ معادلات نسبیت عام را برای این سیاهچاله $۱۰^{۱۵}$ گرمی حل کرد. او با شگفتی تمام ملاحظه کرد که حل معادلات او نیز خلق و گسیل ذرات و تابش از چنین شیء را پیش بینی می کند در واقع همان طیف از ذرات و تابش را پیش بینی می کند که ممکن است از شیء داغی با ۱۲۰ میلیارد کلوین صادر شود. بنابراین به نظر می رسد که دو اصل مدتها معتبر در مورد سیاهچاله ها نقض شده است. اینکه چیزی از هسته سیاهچاله نمی گریزد و دمای آن ها تقریبا صفر کلوین است تناقض آشکار بود، با همه اینها، همان معادلات برای سیاهچاله ای با ۳ جرم خورشیدی دمای ۰/۰۰۰۰۰۰۱ کلوین و گریز ناپذیری ذرات از چنین ستاره ای را پیشگویی می کرد پس سیاهچاله های کوچک متفاوت بودند.

اگر سیاهچاله های کوچک وجود داشته باشند و اگر آنها ذرات و تابش آن که پیش بینی شده گسیل کنند، در این صورت آنها به تدریج تضعیف و محو می شوند و دمایشان افزایش یافت و سرانجام به انفجاری ۱۰ میلیون میلیون بمب هیدروژنی می انجامد و این مشاهده پذیر است. برنامه شاتل فضایی در آینده نزدیک ردیابی چنین چرثومه هایی است.

٦-۷ گله سیاه چاله های مرکز کهکشان:

همچون فوج پشه ها که به شکل توده انبوهی در طبیعت به دور چیزی می گردند، فوجی از سیاهچاله های کوچک نیز در حال گردش به دور سیاهچاله ابر پرجرم مرکز کهکشان راه شیری قرار دارند طبق یافته های گروهی از اخترشناسان دانشگاه کالیفرنیا، احتمالا چیزی حدود ۲۰ هزار سیاهچاله با جرم ستاره ای در محدوده ای به قطر سه سال نوری اطراف سیاهچاله مرکزی به جرم ۳ میلیون برابر خورشید در گردش هستند

Do not copy

سیاهچاله های با جرم ستاره ای که حاصل مرگ ستاره های بسیار پرجرم اند، معمولا ۵ تا ۲۰ برابر جرم خورشید را دارند. اغلب وقتی این سیاهچاله ها عضوی از یک منظومه دوتایی نزدیک بهم باشند خود را زود بروز می دهند.

مواد ستاره همدمشان که در قرص داغ برافزایشی اطراف آن ها می ریزد. فوران هایی از پرتو ایکس تابش می کند. این گروه از اخترشناسان با استفاده از رصدخانه پرتو ایکس چاندار[۱۳]، طی ۵ سال گذشته ۷ فوران تابش پرتو x را ثبت کرده اند.

همه آنها در محدوده ۷۵ سال نوری از مرکز راه شیری قرار دارند و در کمال شگفتی ٤ عدد از آنها و فاصله بسیار نزدیک ۳ سال نوری از مرکز راه شیری هستند. در این ناحیه کوچک از فضا ده هزار سیاهچاله وجود دارد، حدود ۲ برابر بیش از آنکه پیش بینی می شد.

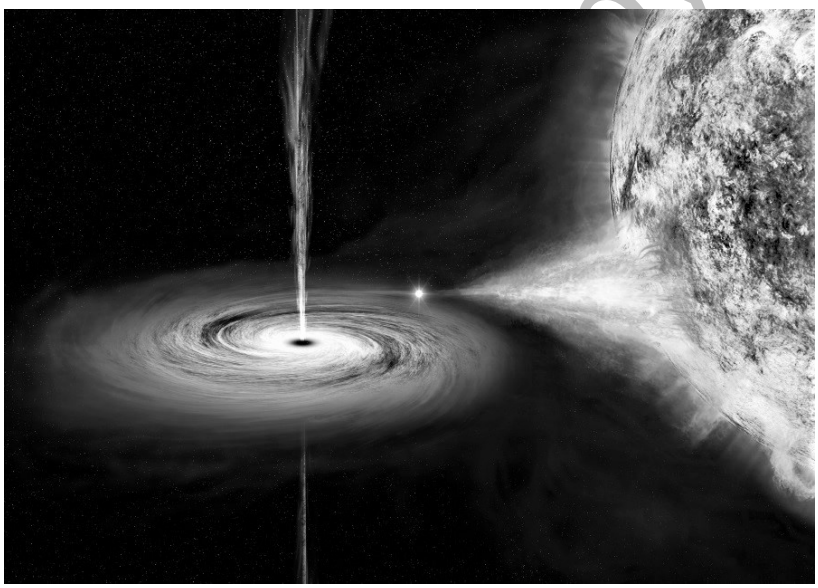
اجرام پر جرم طی فرایندی به نام اصطکاک دینامیکی در هسته کهکشان راه شیری دور هم جمع شده اند.

وقتی یک سیاهچاله به نزدیکی ستاره ای می رسد، جرم کم جرم در یک رقص مداری شتاب می گیرد و به سرعت به بیرون از محدوده ملاقات پرتاب می شود. پس سیاهچاله مقداری از انرژی مداری خود را از دست می دهد. و کمی به سوی هسته نقل مکان می کند اما اگر سیاهچاله، به یک منظومه ستاره دوتایی نزدیک شود. یک ستاره را پرتاب می کند و خودش جای آن را می گیرد به دلیل جذب ماده همدم تبدیل به دوتایی پرتو ایکس قابل ردیابی می شود. سیاهچاله های ستاره ای به سوی هسته کهکشان می روند و سرانجام سیاهچاله ابر پرجرم مرکزی آنها را می بلعد و طی میلیاردها سال چند درصدی به وزنش اضافه می شود. اگر ستاره ها از نزدیکی یک سیاهچاله ابر پرجرم به بیرون پرتاب شوند می توان گفت در آن نزدیکی گله سیاهچاله های ستاره ای وجود دارند. احتمالا در آینده می توان آنها را با تلسکوپ های بزرگ زمینی کشف کرد. چون گردش سیاهچاله ها

۱۳- Chandra X-ray Observatory

حرکت مداری ستاره های آن اطراف را آشفته می کند شاید انجام این کار به ۲۰ یا ۳۰ سال رصد دقیق نیاز داشته باشد.

بجز پرتو x دوتایی های درخشان و هسته های کهکشانی، مشخصات غیرعادی تری هم در توصیف سیاهچاله ها نقش دارند. با فرض نامریی بودن ذاتی سیاهچاله ها، در تبدیل مواد پیرامونشان به مواد دیگر و یا شکل های مریی انرژی، خیلی خوب عمل می کنند. حدود ده درصد از جرم-انرژی به رمبش گرانشی تبدیل می شود به عنوان مقایسه در شکاف هسته ای کمتر از یک درصد از جرم پرتون ها به نور و نوترینوها تبدیل می شود.



شکل ٦-٣: نمایشی از کشیده شدن یک ستاره توسط سیاهچاله

همان گونه که اصطکاک تکانه زاویه ای را کاهش می دهد رمبش گرانشی که منجر به از دست رفتن جرم و تبدیل آن به انرژی می شود. نیز موجبات کاهش تکانه زاویه ای را فراهم می آورد و در عوض فوران های سریعی از این قرص ها به بیرون می روند و پتانسیل گرانشی به گرما و نور تبدیل می شود.

فصل هفتم

پادماده

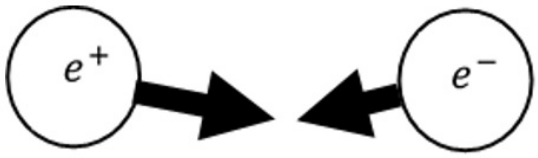
Do not copy

۷-۱ پادماده در مرکز کهکشان:

منظومه شمسی در فاصله ۳۰۰۰۰ سال نوری از مرکز کهکشان راه شیری قرار دارد که محیطی نسبتا آرام دارد. گرچه در اطرافمان چند سحابی یا خوشه ی ستاره ای دیده می شود ولی در مجموع از اجرام پرانرژی که حیات را تهدید می کند خبری نیست.

اخترشناسان، هسته مرکزی کهکشان ما را خطرناکترین منطقه راه کاهکشانی می دانند، جای پر ازدحامی که سیاهچاله ای پرجرم بر آن فرمان می راند، اما محققان عرصه ماده گاما توده عظیم پادماده را نیز در مرکز راه شیری تایید می کنند.

این ابرپادماده در فاصله ۲۵۰۰۰ سال نوری از ما قرار دارد، عرض آن ٤۰۰۰ سال نوری است در بالای صفحه کهکشان در فاصله ۳۵۰۰ سال نوری از آن قرار دارد. این ابرپادماده از پوزیترون درست شده است، که پاد ذره الکترون معمولی است. هنگامی که پوزیترون با یک الکترون روبرو می شود هر دو یکدیگر را نابود می کنند و یک زوج پرتو گاما که انرژی هر کدامشان ۵۱۱۰۰۰ الکترون ولت است تولید می شود. نابودی پوزیترون در این توده پادماده حدود ۷×۱۰^{٤٤} پوزیترون در ثانیه است، هر فوتونی که در این فرایند تابش می شود ۲۵۰۰۰۰ برابر فوتون نور مرئی انرژی دارد، اما تاثیر کلی اش بر زمین از تاثیر پرتوهای کیهانی بسیار کمتر است.



منشاء این پادماده در کجاست؟

ممکن است پدیده هایی چون انفجار ستاره های چند تایی که در ناحیه مرکزی کهکشان رخ می دهد، جت هایی که از سقوط ماده در سیاهچاله رخ می دهد، یا در هم رفتن دو ستاره نوترونی از جمله علتها باشند، آنچه مسلم است سیاهچاله مرکزی کلید این معماست. احتمالا تولید کننده این پوزیترون ها سیاهچاله است که همانند کارخانه های تولید پادماده کار می کنند این سیاهچاله می تواند همچون شتاب دهنده ای برای تولید ابرپادماده عمل می کند.

البته آنچه از رصدخانه های زمینی همچون رصدخانه پرتوی گامای کامپتون[۱۴] رصد می شود ترکیب پوزیترون ها با الکترون ها که منجر به نابودی هر دو می شود را آشکار می کنند بنابراین این احتمال وجود دارد که مقدار بسیار زیادی از پوزیترون های اضافی وجود داشته باشد که از ماده معمولی جدا هستند.

۲-۷ پادماده چیست؟

نظریه نسبیت خاص اینشتین جزء معدود نظریه های علمی است که از معروفیت خاصی برخوردار است این معروفیت حاصل نتایج دور از ذهن این نظریه است نتایجی چون کوتاه شدن طول جسم در حال حرکت (انقباض طول). کند کار کردن ساعت های در حال حرکت (انبساط زمان)

اما شاید از میان نتایج این نظریه هیچ کدام به پای رابطه مشهور بین جرم و انرژی یعنی $E = mc^2$ نرسد. در این رابطه m جرم و E انرژی و C سرعت نور است. در مورد مفهوم این رابطه کمی بعد

۱۴- Compton Gamma Ray Observatory

Do not copy

صحبت می کنیم اما کافی است اشاره کنیم که این رابطه وجود اشکالی متنوع از ماده را نتیجه می دهد. که بررسی آنها شاخه فیزیک ذرات بنیادی را تشکیل می دهد پادماده یکی از همین اشکال متنوع است.

ما از فیزیک پایه می آموزیم که جهان از ماده و انرژی تشکیل شده است و ماده را چیزی تعریف می کنیم که جرم دارد و فضا را اشغال می کند و بعدها در تعریف تکمیلی می گوییم که ماده از سه ذره پروتون، الکترون و نوترون تشکیل یافته است که در مجموع اتم را تشکیل می دهند.

که در این تعریف مفاهیمی چون جرم بارالکتریکی و اسپین هم وارد می شود. با این حال جرم از ویژگی های مهم محسوب می شود. اما جرم چیست؟ فرض کنید تعدادی آجر کاملا مشابه داریم و می دانیم که اگر بخواهیم به تغییر در سرعت بپردازیم باید به جسم نیرو وارد کنیم حال اگر دو تا از این آجرها را بهم ببندیم باید لاجرم دو برابر نیرو وارد کنیم به عبارت دیگر با دوبرابر کردن مقدرا ماده، مقاومت آن در مقابل تغییر حرکت بیشتر شده است به این خاصیت یعنی مقاومت در مقابل تغییر حرکت، خاصیت لختی می گویند که این مقدار لختی را جرم معین می کند. ما معمولا مقدار جرم یک جسم را با مقایسه جرم آن با جرم استاندارد «یک کیلوگرم» مشخص می کند. در اواخر قرن ۱۸ میلادی دانشمندان این مفهوم را کشف کردند که مقدار ماده در یک واکنش شیمیایی قبل و بعد از واکنش یکسان است که به آن قانون بقای جرم گفته می شود.

اما انرژی، عبارتست از توانایی جسم برای تغییر وضعیت فیزیکی خود یا دیگران، تا اواخر قرن نوزدهم میلادی فیزیکدانان می دانستند که انرژی به دو شکل پتانسیل و جنبشی وجود دارد، و کشف کرده بودند مقدار کل آن طی هر فرآیند فیزیکی یا شیمیایی ثابت است و به آن قانون بقای انرژی می گویند.

آنچه نظریه نسبیت خاص بدان اضافه کرد این است که انرژی

عـلاوه بـر دو شـکل پتانسـیل و جنبشـی ممکـن اسـت بـه صـورت جـرم نیـز وجـود داشـته باشـد. یعنـی همـان گونـه کـه انـرژی جنبشـی مـی توانـد بـه صـورت انـرژی پتانسـیل تبدیـل شـود مـی توانـد بـه جـرم هـم تبدیـل شـود و بالعکـس جـرم مـی توانـد در مـواردی بـه انـرژی تبدیـل شـود.

مثـلا اگـر چنانچـه یـک گـرم مـاده بـه انـرژی تبدیـل شـود ۹×۱۰^{۲۰} erg انـرژی بدسـت مـی دهـد، یـک لامـپ ۱۰۰ واتـی در هـر ثانیـه $۱۰^{۹}$ erg انـرژی تولیـد مـی کنـد، پـس از مقـدار ناچیـز مـاده مقـدار عظیمـی انـرژی حاصـل مـی آیـد.

آیـا ایـن بـدان معناسـت کـه مـی تـوان از انـرژی مـاده ای بـه دسـت آورد کـه قبـلا نبـوده اسـت؟ بلـه، رابطـه اینشـیتن بـدان پاسـخ مثبـت مـی دهـد، در واقـع فیزیـک ذرات بنیـادی بـر پایـه همیـن رابطـه کـه بیـان کننـده خلـق مـاده از انـرژی اسـت قـرار دارد. همیـن جـا بـه ایـن نکتـه اشـاره مـی کنیـم. بنـا بـه $E=mc^{۲}$ مـاده از انـرژی هـر کـدام بـه تنهایـی بقـا ندارنـد بلکـه ایـن مجمـوع مـاده و انـرژی اسـت کـه بقـا دارد، در مثـال فـوق یـک گـرم مـاده از بیـن مـی رود و معـادل آن انـرژی خلـق مـی شـود. پـس پادمـاده شـکلی از مـاده اسـت کـه حاصـل نظریـه نسـبیت خـاص مـی باشـد، در اینجـا بـه ظاهـر پارادوکـس وجـود دارد، چـرا کـه پـاد یعنـی ضـد، پـس پادمـاده یعنـی ضدمـاده، چگونـه ضـد یـک چیـزی مـی توانـد شـکلی از همـان چیـز باشـد؟

دو دهـه پـس از آنکـه اینشـتین نظریـه نسـبیت خـاص را ارائـه داد فیزیکدانـان پـس از سـال هـا تـلاش موفـق بـه ارائـه نظریـه ای شـدند کـه مـی توانسـت رفتـار مـاده را در ابعـاد اتمـی توصیـف کنـد، ایـن نظریـه بـه مکانیـک کوانتومـی موسـوم اسـت. پـل دیـراک سـعی کـرد بـا تلفیـق مکانیـک کوانتومـی و نسـبیت خـاص حرکـت الکتـرون هـا کـه در سـرعت هـای بـالا حرکـت مـی کردنـد را توضیـح دهـد تـلاش وی در سـال ۱۳۰۹بـه ثمـر رسـید ولـی ایـن تـلاش نتیجـه شـگفت انگیـزی داشـت، بـرای الکتـرون عـلاوه بـر انـرژی $E=mc^{۲}$، انـرژی $E=mc^{۲}$ نیـز بـه دسـت مـی آمـد، البتـه مـی شـد ایـن جـواب را بـرای اینکـه صرفـا یـک جـواب ریاضـی اسـت کنـار گذاشـت، ولـی بنابـه اصـول مکانیـک کوانتومـی نمـی شـد بـه سـادگی از ایـن جملـه

Do not copy

گذشت. این فرایند به طور خلاصه به صورت زیر بیان می شود:

$$\gamma = e^{+} + e^{-} \qquad ۱-۷$$

که γ معادل اشعه گاما و e^{+} معادل ذره پوزیترون و e^{-} معادل ذره الکترون است.

اما فوتون γ برای اینکه بتواند به e^{+} و e^{-} تبدیل شود باید یک حداقل انرژی داشته باشد این مقدار را $E = mc^{۲}$ تعیین می کند.

اگر به جای m جرم الکترون و پوزیترون در حال سکون را قرار می دهیم مقدار E که انرژی فوتون γ است بدست می آید، این انرژی برحسب واحد الکترون ولت قدری بیش از یک میلیون الکترون ولت است. فوتونی با انرژی کمتر از این مقدار نمی تواند e^{+} و e^{-} خلق کند، نکته قابل توجه این است که عکس عملیات فوق هم می تواند واقع شود یعنی دو الکترون و پوزیترون با هم ترکیب می شوند دو اشعه γ تشکیل می شوند. پس اگر ما از آسمان اشعه ای معادل یک میلیون الکترون ولت دریافت کردیم می توانیم احتمال دهیم که در آن ناحیه عملیاتی چون نابودی زوج اتفاق افتاده است.

فیزیکدانان به دلیل وجود این هم ارزی بین ماده و انرژی دیگر از این دو به عنوان دو مفهوم مستقل از هم صحبت نمی کنند. بنابر فیزیک ذرات بنیادی عالم از ذرات درست شده است و هر ذره شناسنامه ای دارد که در آن جرم در حال سکون، بار الکتریکی، اسپین، طول عمر، زوج شده است. فوتون هم خود ذره ای است با جرم سکون و بار الکتریکی صفر، اسپین یک و طول عمر بی نهایت. نظریه اخترفیزیکدانان ذرات بنیادی حاکی از این است که هر ذره، پاد خود را دارد، مثلا الکترون پوزیترون، نوترون، پاد نوترون پروتون پاد پروتون و و حتی پاد اتم هم داریم پس لاجرم می تواند جاهایی باشد که کلا از پادماده تشکیل شده باشد، حال سوال اساسی آنجاست که در نظریه مهبانگ جهان متشکل از ماده و پادماده بوده علیرغم اینکه پادماده در عالم مشاهده نشده، چرا ماده بر پاد آن غلبه دارد. آیا تقارن شکسته شده؟ چرا؟

از آنجـا کـه پادمـاده در اثـر تابـش از مـاده قابـل تفکیـک نسـیت امـکان دارد گروهـی از کهکشـان هـای گیتـی از پادمـاده باشـند؟ چـرا از مـاده جـدا شـده انـد؟ و بسـیاری از سـوالات دیگـر

ناسـا بـرای یافتـن پادمـاده بزرگتریـن پژوهشـکده را تـدارک دیـده اسـت و در دو طـرح پژوهشـی رونـد ایـن رصدهـا را پـی مـی گیـرد، یکـی سـاختن آینـه ای بسـیار بـزرگ در هیمالیـا در تبـت، بـرای بررسـی پرتوهـای کیهانـی گامـا بـود و دیگـری قـرار دادن دسـتگاهی در مـدار بـه دور زمیـن جهـت بررسـی میلیاردهـا پرتـو کیهانـی و جسـتجو پرتوهـای گسـیل شـده از پادمـاده.

بـرای ایـن منظـور آهنربـای قـوی در فضـا قرار مـی گیـرد و ذرات بـاردار الکتریکـی هنـگام عبـور از داخـل آن تحـت تاثیـر میـدان مغناطیسـی منحـرف مـی شـوند پرتوهـای کیهانـی گسـیل شـده از مـاده و پادمـاده بـه صـورت هـای متفاوتـی منحـرف مـی شـوند. و چـون حرکـت ذرات بسـیار سـریع اسـت و بـه سـبب آنکـه انحـراف آن در میـدان مغناطیسـی چنـد ده سـانتی متـر اسـت پـس لاجـرم بـه میـدان قـوی احتیـاج اسـت تـا بتـوان انحـراف قابـل توجهـی برقـرار نمـود.

۷-۳ میله ای در بازوهای کهکشان:

کهکشـان مـا کهکشـانی مارپیـچ میلـه ای اسـت و برآمدگـی مرکـزش نـه مـدور، بلکـه کشـیده اسـت. در اغلـب کهکشـان هـای مارپیـچ نشـانه هایـی از حضـور میلـه ای در مرکزشـان وجـود دارد. بـرای مشـاهده مرکز راه کهکشـان، اخترشناسـان مجبورنـد از تلسـکوپ هایـی اسـتفاده کننـد کـه طـول مـوج های بلندتـر را ثبـت کننـد. ایـن امـواج بـه خوبـی از میـان غبـار عبـور مـی کننـد. نخسـتین بـار در سـال ۱۳۳۰ هجـری شمسـی براسـاس مشـاهدات رادیویـی نشـان از مدارهـای غیـر دایـره ای ابرهـای هیدروژنـی خنثـی H_I در برآمدگـی کهکشـان ایـن نظریـه را پیـش مـی کشـند. کـه اغلـب اخترشناسـان اسـتدلال هـای آنهـا را نپذیرفتنـد.

در سـال ۱۳٥٤ دانشـگاه تگـزاس، حکایـت از یافتـن شـواهد قـوی تـری

Do not copy

از وجـود میلـه کهکشـان شـد. آنهـا کـه تابـش هیـدروژن از ناحیـه میانـی کهکشـان را بررسـی مـی کردنـد نشـان دادنـد کـه ایـن گازهـا در مـداری بیضـی شـکل حرکـت مـی کنـد، چیـزی کـه طبیعـی تریـن علـت آن وجـود میلـه ای در آن ناحیـه اسـت.

اخترشناسـان پیـش از آن ایـن حرکـت هـا را ناشـی از ترکیـب انبسـاط و چرخـش مـواد در مرکـز کهکشـان مـی دانسـتند امـا توضیـح دانشـگاه تگزاس قابـل قبـول تـر بـود. زیـرا وجـود ایـن انبسـاط در مرکـز کهکشـان فقـط بـا مقادیـری انـرژی انفجـاری پدیـد مـی آیـد. امـا چنیـن انفجاراتـی را در مرکـز کهکشـان نمـی بینیـم.

البتـه نظریـه تگـزاس از ناحیـه یـان اورت[۱۵] مـورد قبـول قـرار نگرفـت و وی در مقالـه ای در سـال ۱۳۵٦ کار تگزاسـی هـا را جـدی قلمـداد نکـرد. در سـال ۱۳۷۰ دانشـمندان اولیـن مـدرک مسـتقیم از وجـود میلـه کهکشـان را بـه دسـت آوردنـد. آنهـا بـا تجزیـه و تحلیـل داده هایـی کـه در طـی چندیـن سـال جمـع آوری شـده بـود نشـان دادنـد کـه گسـیل پرتوهـای فروسـرخ از نیمـه شـرقی برآمدگـی مرکـز کهکشـان بیشـتر از نیمـه غربـی اسـت، بـه نظر چـون میانگیـن فاصلـه سـتاره هـای قسـمت شـرقی کمتـر از میانگیـن فاصلـه هـا قسـمت غربـی از ماسـت، لاجـرم از قسـمت شـرقی پرتوهـای بیشـتری را دریافـت مـی کنیـم. بـه عبـارت دیگـر قسـمت شـرقی بـه یکـی از دو سـر میلـه کهکشـان تعلـق دارد، کـه تقریبـا بـه طـور مسـتقیم بـه سـوی ما نشـانه رفتـه اسـت.

تراکـم سـتاره هـای ایـن منطقـه و پرتوهـای زیـاد آن، ناشـی از در یـک خـط قـرار گرفتـن سـتاره هـا یـا بـه عبارتـی وجـود میلـه اسـت.

مدت کوتاهی بعد از این کشف شواهد بیشتری مشاهده شد.

بـا اسـتفاده از شـبیه سـازی سـه بعـدی رایانـه ای از توزیـع گونـه هـای خاصـی از سـتاره هـا در برآمدگـی کهکشـان بدسـت آمـد، ازجملـه متغیرهـای میراگونـه کـه غـول هـای سـرخی هسـتند کـه دوره تناوبشـان از ۱۰۰ روز تـا

۱۵- Jan Hendrik Oort

بیش از دو سال طول میکشد. و تغییرات نور در آنها به نظم سایر ستاره های متغیر نیست. و در این نوع متغیرها رابطه ای میان قدرمطلق و دوره تناوبشان وجود دارد که با بررسی قدر واقعی آنها می توان به فاصله آنها پی برد، چراکه از روی دانستن قدرظاهری و همسانی آنها با قدر واقعی می توان تخمین از فاصله بدست آورد. بررسی ها نشان می دهد که ستاره های میرای ناحیه غربی نسبت به شرقی از ما دورترند. این دقیقا حاصل همان میل مفروض می باشد. از زمان این کشف به بعد اخترشناسان پی برده اند که سایر انواع ستاره ها در این نواحی نیز از توزیع مشابهی پیروی می کنند. گروه دیگری که روی ماده تاریک کار می کند به نام گروه اروس[۱۶] که در مساله ماچوها در هاله کهکشان تحقیق می کرد و با آزمایش عدسی های گرانشی کار می کنند، هنگام مشاهده بخش شرقی برآمدگی مرکز کهکشان، این دو گروه متوجه شدند که تعداد دفعاتی که پدیده ریز عدسی گرانشی روی می دهد، پیش از پیش بینی است. یعنی تعداد ستاره هایی که نقش عدسی را بازی می کنند در این ناحیه از کهکشان بسیار زیاد است. وجود میله ای تقریبا رو به ما تراکم ماچوها را بیشتر کرده است.

پس شواهدی که مارپیچ میله ای بودن کهکشان ما حکم می کند عبارتند از:

۱-رصدهای رادیویی که از عمق کهکشان صورت گرفته و حرکت بیضی گون ستارگان را نشان می دهد.

۲-رصد متغیرهای میرا و نشان از آنکه قسمت شرقی هسته کهکشانی به ما نزدیکتر است و ستارگان بیشتری را دارد.

۳-رصد ماچوها وجود لنزهای گرانشی بیشتر در جانب شرقی کهکشان نسبت به جانب غربی با شواهدی که از وجود میله ای در داخل مرکز کهکشان به دنبال آن هستیم را تا شکل میله نوع ستارگان و میزان گاز موجود در آنها را مشخص کنیم.

۱۶-Eros

Do not copy

شکل ظاهری، جهتگیری و نوع ستاره های میله های کهکشانی:

آزمایشگرهای امواج زمینه فروسرخ که بر ماهواره معروف کوبی cobe سوار شده است تصویری از سراسر کهکشان ما در پرتو فروسرخ بدست آورده است. یعنی شکلی تقریبا کشیده دارد و دو سر آن پهن تر از بخش میانی است. افزون بر این میله کهکشان زاویه ای ۱۰ تا ۳۰ درجه با خط دید ما به سوی مرکز کهکشان می سازد

اخترشناسان که تلاش کرده اند جهت میله را با استفاده از روش های دیگر بدست آورند به اعدادی از ۱۶ تا ۴۵ رسیده اند، ۱۶ درجه براساس مدل های حرکت گاز مولکولی و هیدروژن خنثی ۲۰ تا ۳۰ درجه براساس توزیع غول های سرخ و ۴۵ درجه براساس توزیع انواع خاصی از متغیرهای میرا شواهد بسیاری نشان می دهند که برآمدگی مرکزی همه کهکشان های مارپیچ وقتی که از کنار دیده می شوند شبیه بادام زمینی است به همین علت آن را فرضیه بادام زمینی می گویند.

اخترشناسان معتقدند که وقتی یک کهکشان مارپیچ میله ای و مارپیچ عادی را از روبرو مشاهده می کنیم اشکال متفاوتی دارند به احتمال زیاد در میله کهکشان ما جمعیت ویژه ای از ستاره هایی وجود دارد که مسیر تحولی مخصوص به خود را دارند، مثلا شواهدی نشان می دهند که ستاره های جوانتری در میله کهکشان وجود دارند که از نظر فلزات بسیار غنی هستند اما همه گروه های ستاره ای موجود در برآمدگی مرکزی از توزیع میله ای شکل تبعیت نمی کنند.

توزیع متغیرهای RR شلیاقی که کمتر فلز دارند به صورت میله ای نیست از آنجا که این متغیرها جزء پیرترین ستاره های کهکشانی هستند. بنابراین به نظر می رسد این میله در وسط کهکشان نه در ابتدای تولد کهکشان بلکه پس از شکل گیری آنها بوجود آمده باشد.

در نزدیکی میله چه می گذرد؟

وجود میله در مرکز راه کاهکشان سوالات دیگری را هم مطرح می‌کند. از جمله اینکه اثرات دینامیکی بلند مدت میله بر کهکشان

چگونـــه اســـت؟

بـــا وجـــود حرکـــت هـــای متغیـــر و عجیـــب ســـتارگان منفـــرد در میلـــه کهکشـــان خـــود میلـــه بـــه صـــورت یـــک جســـم صلـــب دوران مـــی کنـــد. بـــا گـــردش میلـــه گاز موجـــود در برآمدگـــی مرکـــز کهکشـــان جـــاروب و جمـــع مـــی شـــود و پـــس از جمـــع آوری توســـط میلـــه بـــه قلـــب کهکشـــان وارد مـــی شـــود. ایـــن رفتـــار نتایـــج بســـیاری در فعالیـــت هـــای بـــزرگ مقیـــاس برآمدگی کهکشـــان دارد. اخترشناســـان معتقدنـــد بـــا انباشـــت زیـــاد گازهـــا در قلـــب کهکشـــان دوره هـــای شـــدید ســـتاره زایـــی بـــه وجـــود مـــی آیـــد. بـــه طـــوری کـــه در عـــده ای از کهکشـــان هـــای مارپیـــچ میلـــه ای ســـتاره زایـــی شـــدیدی کـــه در هســـته وجـــود دارد ناشـــی از همیـــن چرخـــش ملخگـــون میلـــه هـــای کهکشـــانی مـــی داننـــد. بـــا اینکـــه ایـــن ســـتاره زایـــی شـــدید اکنـــون در کهکشـــان مـــا رویـــت نمـــی شـــود امـــا بظاهـــر در گذشـــته چنیـــن حالتـــی در کهکشـــان مـــا حکمفرما بـــوده اینکـــه برخی از ســـتارگان مرکـــز راه کهکشـــان از نظـــر فلـــزات بســـیار غنـــی بـــوده و احتمـــالا چندیـــن نســـل از ســـتار ه هـــا نابـــود شـــده انـــد و موجـــودی عناصـــر ســـنگین خـــود را در فضـــا پراکنـــده انـــد. ســـپس ایـــن عناصـــر در هنـــگام شـــکل گیـــری ســـتاره هـــای جدیـــد وارد ســـاختار آنهـــا شـــده و آنهـــا را تبدیـــل بـــه ســـتاره هـــای پرفلـــز کـــرده انـــد از ایـــن دیـــدگاه ممکـــن اســـت کـــه میلـــه کهکشـــان آهنـــگ شـــکل گیـــری ســـتاره هـــای دربرآمدگـــی مرکـــزی را تشـــدید کـــرده باشـــد. بـــه احتمـــال زیـــاد جمعیـــت ســـتاره هـــای پرفلـــزی کـــه اخترشناســـان در میلـــه کهکشـــان مـــا مشـــاهده کـــرده انـــد تـــا حـــدی مربـــوط بـــه جاروزنـــی میلـــه باشـــد.

برخـــی از نشـــانه هـــای وقـــوع فعالیـــت هـــای فورانگـــر ســـتاره زایـــی در گذشـــته کهکشـــان مـــا از بررســـی خوشـــه هـــای ســـتاره ای نزدیـــک بـــه مرکـــز کهکشـــان حاصـــل مـــی شـــود. جـــرم برخـــی از ایـــن خوشـــه هـــا ۲۰۰۰۰ برابـــر خورشـــید اســـت و ایـــن بســـیار فراتـــر از جـــرم خوشـــه هـــای بســـیار جوانـــی اســـت کـــه در صفحـــه کهکشـــان قـــرار دارنـــد. فعالیـــت هـــای شـــدید ســـتاره ســـازی کـــه پیـــش از ایـــن بـــه آن اشـــاره شـــد، در تمـــام مـــدت عمـــر کهکشـــان رخ مـــی داده اســـت.

در واقـــع علـــت تجمـــع متراکـــم ســـتاره هـــا در مرکـــز کهکشـــان نیـــز همیـــن

Do not copy

مساله است.

اگر میله کهکشان وجود نداشت، شکل گیری ستاره ها و نیز تا این حد زیاد نبود، زیرا احتمال جمع شدن سوخت لازم برای این کار بسیار کم بود.

اما نکته شایان ذکر این است که گازهایی که توسط میله ها جاروب می شود و به جانب مرکز حرکت می کنند به عمق سیاهچاله ای مرکز فرو نمی ریزند بلکه در فاصله ۱۰۰۰ سال نوری از مرکز کهکشان به صورت عمودی حرکت کرده و تشعشع می کنند و اگر آنها به سیاهچاله سرازیر می شدند، فعالیت هسته کهکشان بسیار زیاد می شد و شاید این حالت به علت وجود میدان مغناطیسی قوی باشد که در اطراف هسته کهکشانی وجود دارد و عامل می شود که ذرات گاز روی مسیری عمود بر میدان های مغناطیسی که در راستای میله ها هستند شروع به حرکت و گردش نمایند.

Do not copy

فصل هشتم

حیات در راه شیری

Do not copy

۸-۱ کمربند حیات در کهکشان راه شیری:

اخترشناسان قلمرو حیات در کهکشان ها را مشخص کرده اند، کمربندی در صفحه کهکشان که سیاره ای زمین و احتمالا هوشمندانه فرازمینی در آن محدوده زندگی می کنند.

گاهی زمین را سیاره طلایی می خوانند، چرا که فاصله اش از خورشید درست به اندازه ای است نه آنقدر نزدیک که سوزان باشد و نه آنقدر دور که سرد و یخبندان باشد. همین شرایط باعث جریان یافتن آب مایع بر سطح سیاره مان و شکل گیری حیات روی آن شده است. ولی بعضی از اخترشناسان پا را از این فراتر نهاده اند و موقعیت ممتاز زمین را حتی در کهکشان راه شیری هم بررسی کرده اند. زمین در منطقه مناسبی از کهکشان قرار دارد که اخترشناسان آن را کمربند حیات کهکشانی «GHZ» می نامند.

اگر زمین جایی غیر از این قرار داشت فوران های مرگبار پرتوهای گاما آن را می سوزاند. یا بادهای ستاره ای آن را به جای دیگری پرتاب می کرد. یا اینکه بر اثر انفجار ابرنواختری از هم می پاشید و یا سال ها پیش با تعداد بیشماری دنباله دار و سیارک بمباران می شد.

طی سال های گذشته اخترشناسان بیش از صد سیاره فراخورشیدی در اطراف ستاره های نزدیک خورشید کشف کردند که شوقی در

جامعـه نجومـی بـه پـا کـرد چـرا کـه اگـر ایـن تعـداد سـیاره خورشـیدی در ایـن محـدوده کـم حضـور داشـته باشـند پـس احتمـال یافتـن آنهـا در سراسـر عالـم بسـیار زیـاد اسـت. همچنیـن ایـن موضـوع گام کوچکـی بـه سـوی باور وجـود حیـات در عالـم اسـت. اگـر بررسـی هـای اخیـر دربـاره خصوصیـات کمربنـد حیـات کهکشـانی درسـت باشـد در ایـن صـورت سـیارات زمیـن گـون دارای حیـات بـه شـکل تصادفـی در راه شـیری پراکنـده نشـده انـد. ایـن جهان هـای زمیـن گـون فقـط در کمربنـد باریکـی بـه مرکزیـت هسـته کهکشـان قـرار گرفتـه انـد کـه شـامل خورشـید در فاصلـه متوسـط ۲۸۰۰۰ سـال نـوری از مرکـز کهکشـان همچـون سـطح عریـان مـاه خالـی از حیـات هسـتند.

۸-۲ گامی به سوی کمربند حیات:

کمربنـد حیـات بـه دور یـک سـتاره بـه منطقـه ای اطـلاق مـی شـود کـه در آن آب بـه شـکل مایـع بـر سـطح سـیاره وجـود داشـته باشـد تـا در حضـور مـواد آلـی حیـات را بـه بـار آورد. اگـر ایـن سـیاره زیـادی بـه سـتاره اش نزدیـک باشـد آب بخـار مـی شـود و سـیاره بیـش از حـد گـرم و اگـر دور باشـد آب یـخ مـی زنـد، و محـدوده ایـن کمربنـد طـی دوران تحـول سـتاره ای تغییـر مـی کنـد ولـی شـامل اسـتثاهایی هـم هسـت مثـلا سـیاراتی چـون مریـخ و مشـتری و اقمـارش خـارج از کمربنـد حیـات هسـتند امـا قمـر اروپـا از مناطقـی اسـت کـه دانشـمندان بـه وجـود حیـات در اعمـاق اقیانـوس هایـش خـوش بیـن هسـتند.

گرچـه کمربنـد حیـات نقـش مهمـی را در پیدایـش و بقـای حیـات در یـک سـیاره بـازی مـی کنـد موقعیـت آن منظومـه در مقیـاس هـای کیهانـی حائـز اهمیـت اسـت. بـه طـور مثـال بسـیاری بـر ایـن باورنـد کـه مـکان خورشـید در کهکشـان بـه شـکل گیـری حیـات پیچیـده روی زمیـن کمـک کـرده اسـت. خورشـید در فاصلـه ای از هسـته کهکشـان قـرار دارد کـه در آنجـا تنـاوب مـداری خورشـید بـه دور کهکشـان یـا زمـان گـردش بازوهـای مارپیـچ کهکشـان یکسـان اسـت. از آنجـا کـه سـرعت گـردش بازوهـای مارپیـچ بـا سـرعت سـتاره هـا یکـی نیسـت مگـر در چنیـن فاصلـه ای، رد خـارج از ایـن فاصلـه سـتار ه هـا بـه دلیـل تفـاوت سـرعت بارهـا از بازوهـای مارپیـچ عبور

Do not copy

مـی کننـد. ولـی بـرای خورشـید چنیـن حالتـی وجـود نـدارد.

بـه همیـن دلیـل کمتـر در محیـط هـای پرسـتاره قـرار گرفتـه اسـت. ایـن موضـوع بسـیار مهـم اسـت چـرا کـه آشـفتگی هـای ناشـی از سـتاره هـای نزدیـک ممکـن اسـت برخـی از دنبالـه دارهـای ابـر اورت را بـه سـوی مناطـق داخلـی منظومـه شمسـی بفرسـتد و برخوردهـای هولناکـی را بـا زمیـن ایجـاد کنـد اگـر خورشـید در فاصلـه دورتـری هـم قـرار مـی گرفـت بـاز هـم دفعـات بیشـتری از میـان بازوهـای مارپیـچ عبـور مـی کـرد و در هـر دو صـورت رشـد حیـات در زمیـن بـا شـرایطی دشـوار همـراه مـی بـود.

۸-۳ عناصر سنگین و پیدایش حیات:

از اثـرات جالـب توجـه محیـط کهکشـانی بـر پیدایـش و بقـای حیـات، تحـولات شـیمیایی کهکشـان اسـت. کـه وجـود سـیارات زمیـن گـون را محـدود مـی کنـد، تولـد و مـرگ سـتاره هاسـت کـه در نهایـت تعییـن مـی کنـد عناصر شـیمیایی چـه وقـت و در کجـای کهکشـان وجـود داشـته باشـد. بنـا بـه ایـده اخترشناسـان سـیاره ای مثـل زمیـن فقـط زمانـی بـه وجـود مـی آیـد کـه ابرهـای میـان سـتاره ای محل تولدشـان مـواد مناسـب را در خود داشـته باشـد از سـوی دیگـر ترکیبـات شـیمیایی سـتاره هـا و همچنیـن سـیاره هایـی کـه در کنارشـان بـه وجـود مـی آینـد بـه موقعیتشـان در کهکشـان نیـز بسـتگی دارد. بـه همیـن دلیـل کمربنـد حیـات کهکشـانی وابسـته بـه تحـولات شـیمیایی کهکشـان اسـت. نخسـتین سـتاره هایـی کـه در عالـم شـکل گرفتـه انـد بیشـتر از هیـدروژن، هلیـوم و لیتیـوم تشـکیل شـده انـد همـان عناصـری کـه پـس از انفجـار بـزرگ بـه وجـود آمدنـد درون ایـن سـتاره هـا عناصـر سـنگین تـر بسـیار کـم پیـدا شـدند. وقتـی ایـن سـتاره هـا دوره تحـول خـود را پشـت سـر گذاشـتند عناصـر سـنگین کـه طـی فرآینـد همجوشـی هسـته ای درون آنهـا شـکل گرفتـه بودنـد. در فضـا پراکنـده شـدند. بنابرایـن سـتاره هـای بعـدی کـه از ایـن خاکسـتر بـه وجـود آمدنـد، عناصـر سـنگین تـر بیشـتری داشـتند همچنـان کـه زمـان مـی گذشـت سـتاره هـای بیشـتری بـه پایـان عمـر خـود مـی رسـیدند و راه را بـرای سـتاره هـای جدیـد بـاز مـی کردنـد، سـتاره هایـی کـه شـامل عناصـر بسـیار سـنگین تـر بودنـد ایـن عوامـل و

همچنین تغییرات میدان گرانشی در نواحی مختلف راه کهکشان موجب شده است که اکنون کهکشان ما شامل چهار بخش متفاوت باشد.

هر کدام از چهار بخش کهکشان شامل جمعیت های گوناگون ستاره ای است، منطقه ای که خورشید در آن اقامت دارد. به قرص باریک مشهور است، قرص تختی به ضخامت حدود ۶۰۰ سال نوری که صفحه اصلی کهکشان را نشان می دهد. و در آن فرایند ستاره سازی هنوز جریان دارد و ستاره های جوان پرفلز فراوانند.

بخش دوم: قرص ضخیمی شامل ستارهای پیر کم فلز که دو طرف قرص فلزی را احاطه کرده اند.

بخش سوم: برآمدگی این بخش شامل ترکیبی از ستاره های پیر و جوان است.

بخش چهارم: هاله ای کروی که حامل ستارگان پیر هستند که کهکشان احاطه نموده است این خوشه ها شامل پیرترین و کم فلزترین منابع ستاره ای موجود در کهکشان هستند.

پس میزان فلز در هر ستاره با موقعیت مکانی و زمانی در کهکشان مرتبط است. به این ترتیب محل کمربند حیات کهکشان وابسته به این دو عامل است.

سیارات همزمان با ستاره مادرشان شکل می گیرند بنابراین آنها هم نشان دهنده میزان فلز سحابی اولیه شان هستند و ترکیباتی مرتبط با مکان و زمان شکل گیرشان در کهکشان دارند.

ستارگان پیر سیاره های سنگی نسبتا کم جرم جرمی را در کنار خود پرورش می دهند.

برعکس در ستاره های نسل های جدیدتر که از سحابی پرفلزتر شکل گرفته اند سیاره های سنگی نسبتا جرمی در اطراف خود داشته باشند.

Do not copy

۱-پس بیشتر ستارگان هاله کهکشان که از خوشه های کروی پیر تشکیل یافته اند مقدار مناسب فلز برای تشکیل سیارات زمین گون ندارند. با این مقدار فلز سیارات به وجود آمده کوچک وی خواهد بود و چون عطارد فاقد جو بوده چرا که نیروی گرانی ضعیفی دارد پس لاجرم یا جو ندارد یا جو رقیقی فاقد ازون دارد که در هر دو صورت موجبات عدم به وجود آمدن حیات را فراهم می آورد.

از طرفی این گونه سیارات داری پوسته ای ضخیم و فاقد حرکات قاره ای تکتونیک هستند از آنجا که این گونه حرکات قاره ای منجر به تعدیل آب و هوا می شود در دراز مدت تعادل هوایی این گونه سیارات بهم می خورد از آنجا که سنگ های سطح سیاره جاذب گاز دی اکسید کربن بوده و گازهای اضافه جو را جذب می کند و این حرکات قاره ای موجبات بهم خوردن سنگ ها و بالا آمدن سنگ های جدید برای جذب جدید را فراهم می آورد پس لاجرم عدم وجود قاره سبب پریشانی اوضاع جوی سیارات می شود.

۲-برآمدگی مرکزی و قرص باریک کهکشان را بررسی می کنیم این محدوده را می توان محدودتر نیز نمود نزدیک به هسته کهکشان تراکم ستاره ها زیاد است، پس لاجرم هر ستاره ای در آنجا تحت آشفتگی های گرانشی قرار دارد.

به احتمال زیاد توده ای از هسته های یخی دنباله دارها اطراف هر کدام از این ستاره ها را پوشانیده است مانند ابر اورت در فاصله حدود یک سال نوری از خورشید و این به معنای افزایش خطر برخورد دنباله دارها با سیارات این ستاره هاست.

نزدیک بودن به منظومه های ستاره ای خطرات دیگری هم دارد، مانند در معرض بادهای ستاره ای بدون انفجارات ابرنواختری با برخورد با پادماده و فوران های پرتو گاما که از سیاهچاله ابر پرجرم مرکز کهکشان منتشر می شود به همین دلیل برآمدگی مرکزی را باید از قلمرو کمربند حیات کهکشان حذف کرد.

۳-قرص باریک کهکشان:

همچنان که در این قرص به سوی برآمدگی مرکزی حرکت کنید. روند شکل گیری ستارگان سرعت یافته و فلز فراوان تر می شود. چون با افزایش سرعت ستاره سازی تحول ستاره سریع تر صورت می گیرد و فلزات بیشتری حاصل می شوند و چنین ستارگانی، سیارات سنگین پرجرم تری را پرورش می دهند که عناصر سنگین به سوی مرکز و عناصر کم جرم تر به بیرون تر جای می گیرند پس هسته ای با فلزات سنگین و در پوسته آب و در بالای آن هوا جای می گیرد اگر اندازه زمین دو برابر مقدار کنونی بود سراسر زمین آب فرا می گرفت و عدم وجود خشکی های لازم پیشرفت پیشرفت حیات در حد پیچیده و هوشمند را کند می نمود.

پس در نواره های نزدیک برآمدگی مرکزی کهکشان هم منطقه خوبی برای رشد حیات نیست برعکس اگر به سوی لبه کهکشان پیش برویم دور از هسته حرکت می کنیم تراکم ستاره ها کم می شود. پس سرعت ستاره سازی و میزان فلز کاهش می یابد. و همان مشکلات هاله را پدید می آورد.

٤-پس لاجرم در حول کهکشان راه شیری منطقه ای در محدوده ۱۵۰۰۰ سال نوری تا ٤۰۰۰۰ سال نوری منطقه کمربند حیات را حول کهکشان راه شیری تشکیل می دهند این منطقه ناحیه ای است که فلزشان به حدی است که توان تشکیل حیات را دارد.

Do not copy

فصل نهم

طبقه بندی و ریخت شناسی کهکشان ها

Do not copy

مطالعــه روی کهکشــان هــا بــا نتایــج بدســت آمــده از رصدهــای تلســکوپ ۲/۵ متــری مونــت ویلســون[۱۷] از ســال ۱۹۲٤ میــلادی (۱۳۰۳ ه.ش) توســط ادویــن هابــل شــروع شــد. ادویــن هابــل متوجــه شــد کــه بســیاری از اجــرام غیــر ســتاره ای آســمان، تــوده هــای ســحابی واقــع در کهکشــان راه شــیری نیســتند بلکــه، تــوده هــای ســتاره ای در خــارج از کهکشــان مــی باشــند، البتــه تاریــخ مطالعــه روی اجــرام غیرســتاره ای آســمان بــه کارهــا و کاتالــوگ هــای

شکل ۹-۱: ادوین هابل در حال رصد با تلسکوپ مونت ویلسون

مســیه در ســال ۱۷۹٤ میــلادی (۱۱۷۳ ه.ش) بــاز مــی گــردد کــه در ایــن کاتالوگ ۳۹ کهکشــان و ۱۰۹ ســحابی و تعــدادی خوشــه هــای کــروی و بــاز ثبــت شــده بــود، پــس در ســال ۱۸۹۰ کاتالوگــی بــا عنــوان NGC بــه ثبــت رســید کــه ۷۸٤۰

۱۷- mount-wilson

جـرم غیرسـتاره ای را در برداشـت کـه از میـان آنهـا ۳۲۰۰ کهکشـان مـی رسـید و ایـن تعـداد تـا سـال ۱۹۱۰ بـه تعـداد ۸۳٦ مـورد بـدان اضافـه شـد کـه از میـان آنهـا ۲٤۰۰ مـورد کهکشـان تخمیـن زده شـد، در کاتالوگـی بـه بعدهـا در هـاروارد نوشـته شـد اساسـا کهکشـان هـا بـر حسـب قـدر ظاهـری طبقـه بنـدی شـدند تنهـا کهکشـان هایـی کـه M<۱۳ بودنـد بالـغ بـر ۱۲٤۹ مـورد بـود، چشـم انسـان سـتارگان تـا قـدر حـدود ٦ مـی توانـد با چشـم غیرمسـلح تشـحیص دهنـد و اگـر میـزان قـدر را تـا M=۱۷/٥ کاهـش دهیـم کهکشـان هـای ارزیابـی شـده حـدود ٥۰۰۰۰۰ و اگـر تـا قـدر M=۲۳ کاهـش دهیـد $۱۰^{۹}$ کهشـان قابـل ردیابـی اسـت، البتـه روشـهای مختلـف بـرای کاتالـوگ بنـدی کهکشـان هـا پیشـنهاد شـده وجـود دارد.

۹-۱ طبقه بندی کهکشان ها:

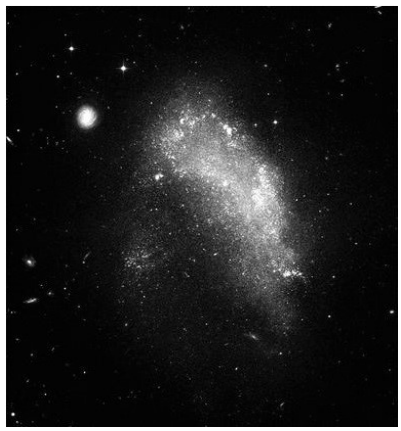
۹-۱-۱ طبقه بندی به روش هابل:

طبقـه بنـدی مشـهور هابـل براسـاس شـکل کهکشـان هـا بـوده پـس بنـا بـه طبقـه بنـدی هابـل، کهکشـان هـا بـه سـه دسـته تقسـیم مـی شـوند.

۱-کهکشان های بیضوی(E)

۲- کهکشان های مارپیچی S

۳- کهکشان های بی شکلI

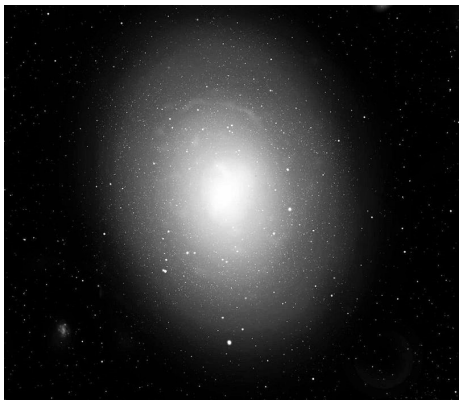


شکل ۹-۲: کهکشان بی شکل

Do not copy

کهکشان های مارپیچ که خود به دو دسته ی کهکشان های معمولی و مارپیچ میله ای طبقه بندی می شوند. که به ترتیب با S، E و IVV نمایش داده می شوند.و هر رده ای خود به رده های مختلف بنابه شکلشان طبقه بندی می شود. مثلا کهکشان های مارپیچ از رده S_a، S_b، S_c و... تقسیم بندی می شود. مسلم است در این طبقه بندی‌ها نمی توان از کهکشان های بیضی به مارپیچ می رسد چرا که در دسته کهکشانهای مارپیچ ستارگان نوزاد و جوان و گردوغبار میان ستاره ای به وفور پیدا می شود علیرغم اینکه کهکشان های بیضوی کهکشان های پیر و کم فعالیت را تشکیل می دهند. نمای خارجی آنها صاف و همانند بیضی های کامل هندسی است.

کهکشان های بیضوی از لحاظ شکلی کمتر مسطح هستند و به شکل بیضی هایی وجود دارند که دارای دو قطر کوچک و بزرگ (a,b) هستند. میزان بیضویت آن را کمیتی به نام ε نشان می دهد. که $\varepsilon=\frac{(a-b)}{a}$ بدست می آید که در این عبارت a قطر اصلی است و این کمیت ε از ۰ تا ۰/۷ متغیر است، کهکشان های بیضوی تا دسته $E_{۷}$ نشان داده می شوند که از $E_{۰}$ تا $E_{۷}$ را شامل می شود که دسته $E_{۰}$ به دایره نزدیکتر و هر چه به دسته $E_{۷}$ نزدیکتر می شویم کهکشان کشیده تر می شود، کهکشان های بیضوی به مراتب نورانی تر از کهکشان های مارپیچ هستند. این گونه از کهکشان ها، معمولا اجتماعی از ستارگان پیر تشکیل یافته اند و وقتی به عمق آنها توجه کنیم نورانیت آنها کاهش می یابد. معمولا این دسته از کهکشان ها فاقد گازها و گردوغبار میان ستاره ای بوده و محیطی آرام دارند. ۶۰ درصد کل کهکشان‌ها و کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین



شکل ۹-۳: تصویری از کهکشان بیضوی شکل و ابرغول IC ۱۱۰۱ که عرضی حدود شش میلیون سال نوری دارد و آن را مبدل به بزرگترین کهکشان کشف شدهٔ تاکنون کرده است.

کهکشـــان‌های کیهـــان بیضـــوی هســـتند.

کهکشان های مارپیچ S

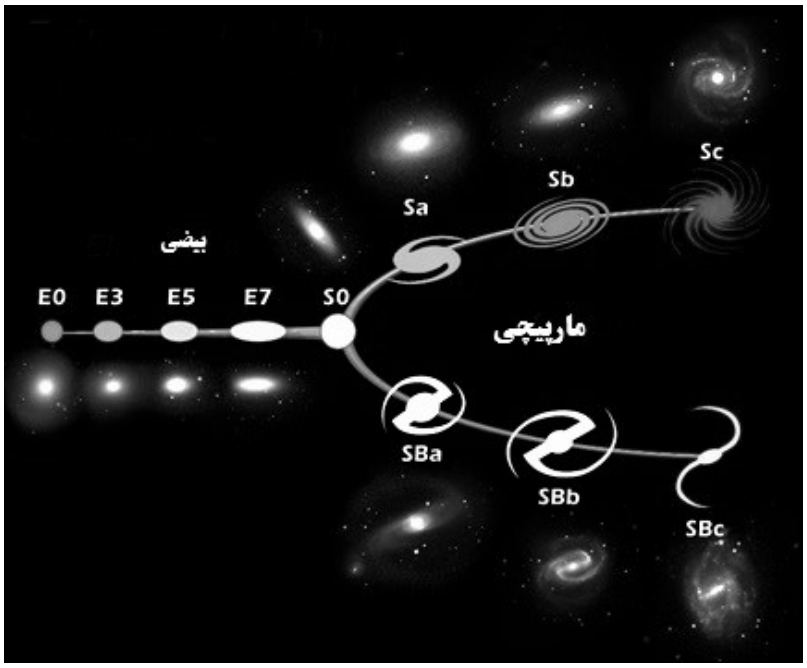
همانطـــور کـــه از اســـم آنهـــا مشـــخص اســـت ایـــن کهکشـــان هـــا دارای ســـاختاری مارپیـــچ هســـتند و بازوهایـــی در اطـــراف ســـاختار آنهـــا بـــه گونـــه ای کـــه دارای صفحـــه ای گســـترده بـــوده و در مرکـــز آنهـــا یـــک اجتمـــاع عدســـی شـــکل از ســـتارگان وجـــود دارد، البتـــه ممکـــن اســـت نســـبت گســـتردگی صفحـــه بـــه انـــدازه انحنـــای مرکـــز بـــه حـــدود ۱۰۰ هـــم برســـد، قســـمت برآمـــده مرکـــزی نورانیـــت بیشـــتری نســـبت بـــه قســـمت هـــای دورتـــر دارد در کهکشـــان هـــای مارپیـــچ میلـــه ای از قســـمت مرکـــزی میلـــه ای بیـــرون آمـــده و از انتهـــای آن میلـــه گـــون را بازوهـــا نشـــات گرفتـــه انـــد. در بعضـــی از ایـــن گونـــه کهکشـــان هـــا بازوهـــا بـــه مرکـــز کهکشـــان نزدیکترنـــد و در بعضـــی دیگـــر دورترنـــد کـــه بـــه آنهـــا کهکشـــان هـــا یـــا بازوهـــای بـــاز مـــی گوئیـــم.

پـــس در ســـری هـــای هابـــل در دســـته کهکشـــان هـــای S_a ،تـــا S_c ویژگـــی هایـــی وجـــود دارد.

۱-در همـــه آنهـــا در مرکزشـــان قســـمتی محـــدب وجـــود دارد کـــه ســـاز آن نســـبت بـــه صفحـــه کل کهکشـــان ناچیـــز اســـت و انـــدازه آن از S_a ،تـــا S_c کاهـــش مـــی یابـــد.

۲-کهکشـــان هـــای مارپیچـــی اغلـــب در اطـــراف خـــود حلقـــه ای دارنـــد کـــه جـــزء ســـاختار کهکشـــان مـــی باشـــد در بعضـــی از کهکشـــان هـــا ایـــن حلقـــه هـــا بـــا بازوهـــا پیوســـته مـــی شـــود و حلقـــه ای دایـــره وار بـــه حـــول کهکشـــان کشـــیده مـــی شـــود. و قســـمت داخلـــی کهکشـــان را در قســـمت بیرونـــی تفکیـــک مـــی کنـــد. گونـــه ای از کهکشـــانها کـــه حلقـــه ای در اطـــراف دارنـــد، بـــا قـــرار دادن R در اول اســـم اختصاریشـــان نشـــان مـــی دهـــد مثـــل RSB(a) ، کـــه نمونـــه ای اســـت از کهکشـــانهای حلقـــه دار از نـــوع S_a ،

Do not copy



شکل ۹-٤: طبقه بندی کهکشان ها از دید هابل

۹-۱-۲ موارد دیگر در طبقه بندی کهکشان ها:

نظریه نهایی که در زمینه دسته بندی کهکشان های مارپیچی وجود دارد مربوط به چگونگی و شکل بازوهای آنها می شود، دسته ای از آنها، کهکشان هایی هستند که فیلمانی در هسته مرکزی آنها قرار دارد. که به آنها کهکشان های مارپیچ میله ای گفته می شود.

در این دسته از کهکشان ها از میان توده محدب شکل مرکزی دو میله بیرون آمده و بازوها از آن نشات گرفته اند.

یا یک تقسیم بندی ساده می توان این دسته از کهکشان ها را دسته بندی نمود. و تفاسیری را از چگونگی تحول این گونه کهکشان ها ارائه داد که کهکشان های مارپیچ میله ای را نتیجه یک تحول کهکشان های مارپیچی دانست و این شبه میل برآمده از توده مرکزی را در نتیجه تحول ساختارهای رینگ ها قلمداد نمود.

شکل ۹-۵: کهکشان مارپیچ میله ای NGC۱۳۰۰

طبقه بندی دن برگ

بهترین طبقه بندی در طبقه بندی کهکشان های طبقه بندی سیدنی دن برگ[۱۸] است که براساس (نسبت جرم-درخشندگی) طبقه بندی را انجام داده است.

در تابش های کهکشان های مارپیچ هر قدر که به بازوهای کهکشان ها نزدیک می شویم تشعشع های کهکشانی کمتر می شود و در انتهای در بازوها و میله منشعب از آنها نورانیت افزایش پیدا می کند، و کمترین درخشش در کهکشان های بیضوی و بی شکل ثبت شده است.

تعدادی از کهکشان ها که به کهکشان های آنمیک[۱۹] معروف هستند در بین رده های S_0 تا S_A قرار می گیرند، که در آنها گازها نسبتا کم هستند که در خوشه های کهکشانی یافت می شوند در خوشه های کهکشانی به رده های S_D که ابرغول ها می باشند نیرو وجود دارد که بیشتر در حوزه کهکشان های بیضوی قرار می گیرند. بیشتر کهکشان های آنمیک در لبه های خوشه های کهکشانی و کهکشان های پرجرم ابرغول در عمق خوشه ها قرار می گیرند که مملو از گاز و ستاره می باشند برای مطالعه بهتر درباره کهکشان ها و دینامیک آنها، جالب

۱۸- Sidney van den Bergh

۱۹- Anemic galaxy

Do not copy

است که توزیع ستارگان و توزیع نورانیت آنها مورد مطالعه قرار بگیرد، و در نهایت پژوهش در مورد جزئیات، مرکز کهکشان ها یا دیسک آنها پا، هسته چگال و نحوه انتشار آنها را ادامه دهیم.

شکل ۹-۶: NGC۴۹۲۱ یکی از شاخص‌ترین کهکشان‌های مارپیچی آنمیک.

۹-۲ توزیع درخشندگی:

فوتومری سطحی و امتحان توزیع درخشندگی کهکشان ها و بدست آوردن آن نسبت به توزیع جرم اولین روش در بررسی کهکشان ها می باشد، در واقع نسبت میان جرم و درخشندگی M/L از مرکز یک کهکشان تا لبه های آن که جرم کمتری وجود دارد در کهکشان های مختلف متفاوت است. برای بدست آوردن توزیع جرم کهکشان ها استفاده از رصدخانه های متحرک ضروری به نظر می رسد.

۹-۳ چگونگی درخشش کهکشان های بیضوی:

واضح است که کهکشان های بیضوی ساختاری ساده دارند پس پارامتر توزیع درخشندگی در این گونه کهکشان ها از پارامترهای حیاتی محسوب می شود که ما را قادر می سازد که ساختار و دینامیک کهکشان ها تعیین می نمائیم.

همان طور که می دانیم در مرکز کهکشان ها معمولا درخشندگی بیشتر و با فاصله گرفتن از مرکز میزان درخشندگی کمتر می شود و

ایـن مسـاله بـر دو معادلـه اسـتوار اسـت.

الف- قانون هابل

$$\frac{I}{I_{\cdot}}=\left[\left(\frac{r}{a}\right)+1\right]^{-2} \qquad ۱-۹$$

کـه در ایـن معادلـه I میـزان تابندگـی در فاصلـه r از مرکـز اسـت میـزان درخشـندگی مرکـز $I_{\cdot}$ و شـعاع توزیـع یـا (شـعاع هسـته)، a مـی باشـد.

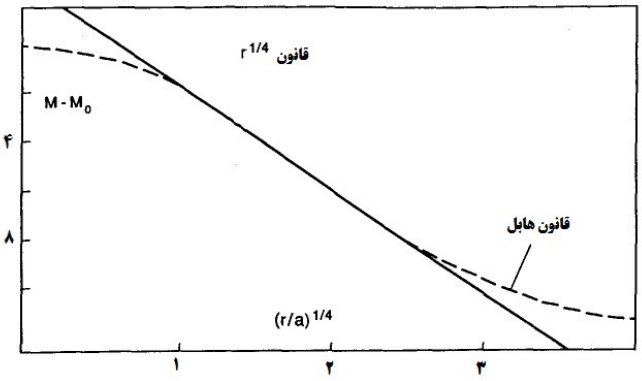
ب- قانون devaucouleus، $r^{\frac{1}{4}}$ است (۱۹۴۸):

$$\log\left(\frac{I}{I_e}\right)=-3.33\left[\left(\frac{r}{r_e}\right)^{\frac{1}{4}}-1\right] \qquad ۲-۹$$

ایـن مـدل هـم براسـاس دو پارامتـر نوشـته شـده اسـت، r_e شـعاع حاوی نصـف درخشـندگی کل و I_e شـدت تابندگـی r_e نسـبت بـه مرکـز کهکشـان

ایـن دو فاکتـور مهـم در ایـن معـادلات هسـتند امـا چیـز مهمـی کـه اسـتفاده ای گسـترده در ایـن قانـون دارد. رصـد مقـدار قـدر آنهاسـت کـه بـا $-2.5\log I$ تعییـن مـی شـود کـه ایـن میـزان قـدر از لبـه کهکشـان تـا مرکـز آن متغیـر اسـت.

معـادلات هابـل بـرای کهکشـان هـای بیضـوی r=a تا r = ۱۰a کارایـی خوبـی دارد. (شـکل ۹-۷)



شکل ۹-۷: نموداری از دو توزیع مختلف برای یک کهکشان بیضوی

Do not copy

بـا ایـن دو معادلـه قانـون هابـل، devaucouleus، $r^{\frac{1}{4}}$ بـه راحتـی می‌تـوان رابطـه ای را میـان پارامترهـای مختلـف برقـرار نمـود.

$$\log\left(\frac{I}{I_e}\right) = -3.33\left[\left(\frac{r}{r_e}\right)^{\frac{1}{4}} - 1\right]$$

$$\frac{I}{I_0} = \left[\left(\frac{r}{a}\right) + 1\right]^{-2}$$

$$a = 0.0093 r_e$$

$$-2.5\ logI_0 = -2.5\log I_e - 5.27\ mag\ arcsec^{-2}$$

موقعیـت هـای معـادلات تابـش رهنمون بدان سـو شـد کـه برای کهکشـان هـای بیضـوی قوانیـن قدرتمنـد تـر نگاشـته شـود. و ملاحظـات شـعاعی آن هـم در نظـر گرفتـه شـود. مثـلا تقریـب قانـون هابـل $I = kr^{(-2)}$ وقتـی کـه $r \gg a$ باشـد امـا قانـون قـوی براسـاس یـک ثابـت بـه نـام k اسـتوار شـده اسـت. معنـی فیزیکـی چگونـه از دو پارامتـر حاصـل مـی شـود؟ در حقیقـت دو پارامتـر منجـر بـدان مـی شـود کـه قانـون خیلـی قدرتمنـد حاصـل نشـود و محدودیـت هـای وارد از جانـب پارامتـر دوم، در اصـل قانـون انحـراف ایجـاد مـی کنـد پـس بـه روش هـا و تکنیـک هـای مختلفـی نـه چنـدان مشـکل سـعی بـر آن مـی شـود کـه ارتبـاط بیـن پارامترهـای مختلـف ایجـاد کـرد و آنهـا را محـدود بـه تعییـن شـعاع نمـود و بـه اصطـلاح یـک فرمـول اصـل بـرای ایـن مسـاله بدسـت آورد.

چگونگـی توزیـع رنـگ هـا در اطـراف مرکـز کهکشـان هـای بیضـوی که چنـد صـد رقـم از بـازه تابـش سـرخ در تغییـر هسـتند را در بـر مـی گیـرد.

فاکتـور مهـم دیگـری کـه بایـد در مـورد فوتومتـری کهکشـان هـای بیضـوی در نظـر گرفـت در مـورد اثـرات نسـبیت عـام روی تابـش هـا مـی باشـد و زاویـه تابـش هـا نسـبت بـه شـمال یـا شـرق و غـرب در ایـن زمینـه موثـر هسـتند در حـدود نیمـی از کل کهکشـان هـای بیضـوی هـم راسـتا و هـم

محـور نیسـتند و هـر دسـته بنـا بـه فاصلـه ای کـه از مرکـز دارنـد گردشـی را انجـام مـی دهنـد و حتـی انحـراف هایـی هـم در گـردش بـه حـول مرکـز در بعضـی از آنهـا رویـت شـده اسـت حتـی طـرز قـرار گیـری تعـدادی از ایـن کهکشـان هـا نسـبت بـه صفحـه انحـراف ٦٠ درجـه ای را هـم نشـان مـی دهـد و بعضـی از ایـن بیضـی گـون هـا در ایـن کهکشـان از صفحـه اصلـی خودشـان هـم انحرافـات در حـدود٠/٠٠٤ تـا ٥ درجـه را نشـان مـی دهنـد

اگـر چنانچـه ایـن کهکشـان هـا بیضـوی را در روی محورهـای سـه بعدی تصویـر کنیـم و آنهـا از روی محـور اصلـی دارای انحـراف باشـد منطبـق نباشـد پـس لاجـرم گـردش آن بـه حـول محـور اصلـی نیـز انحرافـی را نشـان خواهـد داد پـس پارامترهـا بـرای محاسـبه آن بـه دو پارامتـر افزایـش مـی یابـد. وقتـی در یـک مجموعـه دو کهکشـان تاثیـرات جـزر و مـدی روی هـم داشـته کـه بـر روی افزایـش یـا کاهـش و هـم جهـت گـردش انحرافاتـی را بـه سیسـتم وارد مـی کنـد ولـی اگـر بخواهیـم بـه صـورت آمـاری بررسـی کنیـم متوسـط انحـراف بدلیـل ایـن پدیـده هـا بسـیار ضعیـف اسـت. (در حـدود ١ تـا ٨/. بـرای دو محـور)

٩-٤ مشخصات درخشندگی کهکشان های مارپیچ:

کهکشـان هـای مارپیـچ از سـاختاری بـا مرکـز برامـده یـا پیچشـی و صفحـه ای بسـیار بـزرگ پیرامـون آن را احاطـه کـرده و نسـبت بـه مرکـز بسـیار بـزرگ اسـت تشـکیل یافتـه اسـت.

٩-٤-١ مرکز عدسی شکل:

ایـن مرکـز برآمـده در کهکشـان هـای مارپیـچ محـدود و بـه شـکل کهکشـان هـای بیضـوی گـون مـی باشـد و از لحـاظ شـکل چیـزی اسـت مـا بیـن کهکشـان هـای بیضـوی و صفحـه ای مسـطح مـی باشـد.

گـردش ایـن مراکـز محـدب تحـت تاثیـر گرانـش مـی باشـد و در حـال تعـادل هماننـد کهکشـان هـای بیضـوی بـوده ولـی مثـل هـم نیسـتند.

قاعـده مشـخصات تابشـی آن از قانـون تبعیـت مـی کنـد البتـه در امتـداد

Do not copy

محـور اصلـی نـه محورهـای جزئـی

مرکـز عدسـی شـکل کهکشـان هـای مارپیـچ هماننـد متوسـطی از حالـت مسـطح کهکشـان هـای بیضـوی مـی باشـد

در نسـبت قـدر ایـن دیسـک و مرکـز عدسـی شـکل نسـبتی اسـت کـه از قاعـده $r^{\frac{1}{n}}$ تبعیـت مـی کنـد کـه n از بیـن ۱ تـا ٦ متغیـر اسـت.

۹-٤-۲ دیسک:

فریدمـن ۱۹۷۰ بـا مطالعـه روی ۳٦ کهکشـان مارپیـچ قاعـده زیـر را در مـورد میـزان تاییـد آنهـا بدسـت آورد

$$I\left(r\right)=I_{\cdot}e^{\frac{-r}{r_{\cdot}}} \qquad ۳-۹$$

کـه $I_{\cdot}$ شـدت تابـش در مرکـز کهکشـان و $r_{\cdot}$ شـعاع کهکشـان، درخشـش سـطح بـه گونـه ای اسـت کـه مقـدار ثابتـی بـه نظـر مـی رسـد البتـه کـه میـزان مینیـم آن نیسـت و تغییراتـی دارد، آنچـه کـه فرمـول بنـدی ایـن نـوع از کهکشـان را نسـبت بـه کهکشـان هـای بیضـوی مشـکل مـی کنـد تابـع توزیـع مـاده در ایـن نـوع کهکشـان هاسـت کـه از تـوده متراکـم مرکـزی تـا دیسـک، حلقـه و بـازو را در بـر مـی گیـرد و قاعـده ای نمایـی را ایجـاد مـی نمایـد.

۹-۵ ساختار عمودی و (ضخامتی) کهکشان ها:

سـاختار عمـودی کهکشـان هـا از زاویـه لبـه هـا بـه کهکشـان هـا نـگاه مـی کنـد از جایـی کـه ایـن سـاختار بـه حداقـل مقـدار خـود مـی رسـد، یعنـی اگـر مـا مرکـز کهکشـان را زاویـه ۸۰ تـا ۹۰ درجـه فـرض کنیـم لبـه کهکشـان در زاویـه صفـر قـرار دارد، اگـر نـگاه دیگـری بـه ایـن سـاختار بیندازیـم متوجـه ایـن نکتـه مـی شـویم کـه توزیـع سـتارگان حـول مرکـز محـور z هـا از آن مـی گـذرد بـه صـورت توزیـع گوسـی شـکل مـی باشـد کـه از جاهایـی بـا توزیـع کـم سـتاره تـا بـه جاهـای زیـاد مـی رسـد و دوبـاره ایـن توزیـع کـم مـی شـود. ایـن توزیـع سـتارگان در حالـت فقـط بـه گرانـش مربـوط مـی شـود رابطـه ای مـی تـوان میـان فشـار گازهـای میـان سـتاره ای و پراکندگـی سـرعت هـای عمـودی یعنـی σ_z بـه گونـه زیـر نوشـت $p=\rho\sigma_z$

و مـی تـوان پتانسـیل گرانشـی یعنـی φ را نیـز از معادلـه $\varphi\Delta = \varepsilon\pi G\rho$ بدسـت آورد کـه در ایـن معادلـه G ثابـت گرانشـی مـی باشـد و بـرای بدسـت آوردن تعـادل هیدروسـتاتیکی کافیسـت $\nabla P = -\rho\nabla\phi$

$$\frac{d}{dz}\left(\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dz}\right) = -\varepsilon\pi\rho\frac{G}{\sigma_z^2} \qquad ۴-۹$$

معادلـه بـالا بـا یـک انتگـرال گیـری سـاده قابـل حـل اسـت و در ایـن محاسـبه σ_z را ثابـت ایزوترمـال در نظـر مـی گیریـم.

$$\rho = \rho_0 \operatorname{sech}^2\left(\frac{z}{H}\right) = \frac{\rho_0}{\cosh^2\left(\frac{z}{H}\right)} \qquad ۵-۹$$

کـه در ایـن فرمـول ρ_0 چگالـی در $z=0$ بـوده و H نیـز از رابطـه زیـر حاصـل مـی شـود.

$$H = \left(\frac{\sigma_z^2}{2\pi G\rho_0}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad H = \frac{\sigma_z^2}{\pi G\mu(r)} \qquad ۶-۹$$

کـه در ایـن معادلـه $\mu(r)$ مقـدار چگالـی سـطحی مـی باشـد $(\approx 2H\rho_0)$ اسـت، مقـدار چگالـی توزیـع حقیقـی طبـق رصدهـای حاصلـه در دو بـازه بدسـت مـی آیـد.

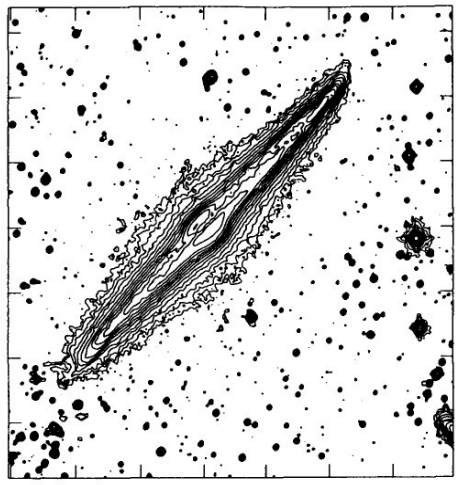
$$\operatorname{sech}^2 \approx \begin{cases} 1-\left(\frac{Z^2}{4H^2}\right) & Z \le H \\ 4e^{-2Z/H} & Z \gg H \end{cases} \qquad ۷-۹$$

عـلاوه بـر ایـن نتایـج رصدهـا بسـیار شـگفت انگیـز و جالـب بـود و نشـان از آن بـود کـه H مسـتقل از شـعاع اسـت. بلکـه H بـا چگالـی نسـبت مسـتقیم دارد. مثـل اینکـه Z بـه طـور نمایـی کاهـش پیـدا مـی کنـد و ایـن

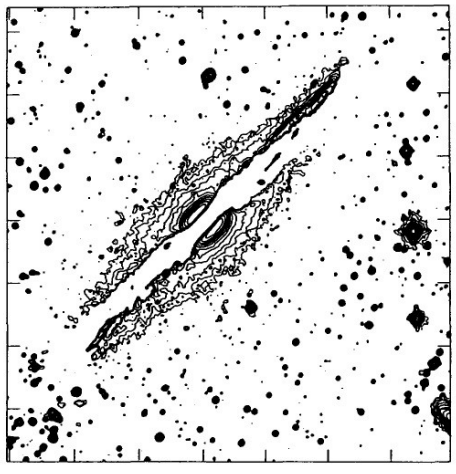
Do not copy

حاکی از آنست که سرعت σ_z با افزایش R کاهش پیدا می کند.

مسلم است که در کهکشان های مارپیچ که دارای مرکزی بزرگ هستند مدلی که ارائه می شود توزیع ستارگان را بین دیسک و توده مرکزی در نظر بگیرید که به این حالت Thick Disc می گویند و این منجر بدان می شود که انحراف و اختلالی در بین پتانسیل های صفحه و توده محدب مرکزی حاصل شود.



شکل۹-۸



شکل۹-۹

یـــک تصویـــر ایزوفوتـــو از کهکشـــان NGC ٥٤٦٥ . تصویـــر ب نمایـــش دهنـــده یـــک تـــوده محـــدب مرکـــزی بـــا یـــک دیســـک چـــگال اســـت کـــه پـــس از آنکـــه ســـاختار و مـــدل ســـازی شـــده در قســـمت الـــف از آن کـــم شـــده اســـت. (From van der Kruot and Searle ۱۹۸۱)

۹-٦ جمعیت اجرام سماوی، و توزیع رنگ و مدل های تکامل:

در جســـتجوی ســـرنخ بـــرای بدســـت آوردن ســـاختار دینامیکـــی و چگونگـــی فـــرم گیـــری کهکشـــان هـــا در طـــی ســـال هـــای مختلـــف بـــه معـــادلات و پارامترهـــای بنیادینـــی دســـت پیـــدا نمودنـــد کـــه مـــی تواننـــد پاســـخگوی بســـیاری از ایـــن ســـوالات باشـــد بـــرای مثـــال چگونـــه کهکشـــان هـــای مارپیـــچ بـــه صـــورت امـــروزی در آمدنـــد و چـــرا هماننـــد کهکشـــان هـــای بیضـــوی تحـــول پیـــدا نکردنـــد.

۹-۷ خوشه ها و جمعیت های آسمانی:

ایـــن طبقـــه بندی کـــردن اجـــرام ســـماوی بوســـیله bode در ســـال ۱۹٤۰ (۱۳۱۹ ه.ش) ارائـــه شـــد. وی ســـتارگان را بـــه دو دســـته مجـــزا تقســـیم بنـــدی کـــرد: دســـته اول ســـتارگانی کـــه بـــه رنـــگ آبـــی بـــوده و بســـیار داغ بـــزرگ وجـــوان بودنـــد کـــه بـــه جمعیـــت گـــروه I و جمعیتـــی کـــه شـــامل کـــه ســـتارگان ســـرد، قرمـــز رنـــگ و غـــول و پیـــر را شـــامل مـــی شـــد کـــه جمعیـــت Π موســـوم شـــدند.

جمعیـــت Π در منطقـــه ای از کهکشـــان راه شـــیری یافـــت مـــی شـــوند کـــه شـــامل خوشـــه هـــای کـــروی مـــی باشـــند در حالیکـــه جمعیـــت I در جاهایـــی کـــه خوشـــه هـــای جوانتـــر دیـــده مـــی شـــوند وجـــود دارد. در کهکشـــان مـــا جمعیـــت نـــوع I بیشـــتر در دیســـک کهکشـــان یـــا در درون بازوهـــای کهکشـــان دیـــده مـــی شـــود و جمعیـــت Π بیشـــتر در مرکـــز کهکشـــان یـــا خوشـــه هـــای کـــروی یافـــت مـــی شـــوند.

اگـــر بخواهیـــم کاتالـــوگ بنـــدی هابـــل را در طبقـــه بنـــدی بُـــد ببینیـــم، کهکشـــان هـــای بیضـــوی از جمعیـــت Π و کهکشـــان هـــای دیگـــر بـــی نظـــم در زمـــره جمعیـــت شـــماره I قـــرار مـــی گیـــرد.

Do not copy

بعضی از طبقه بندی ها جمعیت های ستاره ای بر حسب دما، درخشندگی، و ماده های تشکیل دهنده تا ۵ جمعیت سازمان دهی می کند که در جدول ۹-۱ نشان داده شده است، تعدادی از این جمعیت ها حتی در خارج از محیط کهکشان ها وجود دارد.

فراوانی	شکل سیستم	پراکندگی سرعت	دسته بندی ستارگان	جمعیت
۰,۰۰۳	مارپیچ	۱۳۰	خوشه های کروی	هاله
۰,۰۱	متوسط	۵۰	غول های قرمز	جمعیت II
۰,۰۲	متوسط	۳۰	ستارگان با سرعت زیاد	متوسط جمعیت II
۰,۰۳	متوسط	۲۰	ستارگان با خطوط ضعیف ستارگان با خطوط قوی	دیسک جمعیت I
۰,۰۴	تخت	۱۰	ابرغول های آبی	متوسط جمعیت I

جدول ۹-۱

با نگاه کردن به جدول فوق متوجه این موضوع می شویم که جمعیت های ستاره ای موجود در دیسک های کهکشان های مارپیچ حاکی از این است که این دیسک ها بسیار پهن هستند و بیشترین نقش را در شکل گیری ستارگان ایفا می کنند، چنین کهکشانی چیزی مانند یک توپ گازی هستند. ستارگان در مرحله تکوین دارای گازهایی با درصد کم از فلزات می باشند گازهای سنگین تر از کربن به فلز اطلاق می شوند و در واکنش های هسته ای درون ستارگان به وجود می آیند. و اما نکته در اینجا قرار دارد که ممکن است در ستارگان پیر درصد فلزات سنگین کم باشد. به عبارت دیگر ممکن است که علت وجود عناصر درون یک ستاره نه به واکنش های ستاره ای و نه به برخوردهای ستاره ای مربوط می شود، بلکه به محیط های خاص که ستاره در آن شکل گرفته مربوط می شود. حتی می تواند

بـه محیط‌هـای رو بـه سـردی رونـده و پهنـاور کـه اثـر از هـم گسـیختگی هـای گرانشـی بـه وجـود آمـده تشـکیل شـده باشـد. عـده ای از سـتارگان در هالـه کهکشـان هـا و عـده ای دیگـر در سـاختارهای مسـطح آنهـا پدیـدار مـی شـوند و در مختصـات کـروی قابـل ارزیابـی هسـتند. آن دسـته از سـتارگان که در محیـط مسـطح صفحـه کهکشـان سـاخته مـی شـوند دارای سـرعت گـردش بالاتـر از آن دسـته از سـتارگان هسـتند کـه در هالـه کهکشـان هـا سـاخته مـی شـوند و بـه عکـس سـرعت پراکندگـی سـتارگان در ایـن قسـمت بالاسـت

۹-۸ پراکندگی رنگ ستارگان:

هـر سـتاره بنـا بـه رده ای کـه در آن قـرار دارد دارای رنـگ خاصـی مـی باشـد کـه بـا فوتومتـری قابـل محاسـبه مـی باشـد، جـرم و میـزان سـن هـر سـتاره و سـایر پارامترهـا مسـائلی اسـت کـه مـی تـوان بـه وسـیله فوتومتری تعییـن نمـود. از جملـه مسـائلی کـه مطـرح مـی شـود ایـن اسـت کـه چـه سـتارگانی در کدامیـن مناطـق کهکشـان هـا بـه وجـود مـی آیـد و آنهـا چـه شـکل دارنـد و چگونـه عمـل مـی کننـد؟

مـا مـی توانیـم فقـط یـک متـد و رویکـرد در سـاختن مـدل داشـته باشـیم. بـه وسـیله ترکیـب جمعیـت هـای مختلـف سـتاره ای و محاسـبات رنگـی حاصـل مـی شـود.

اسـتاندارد UBV از اسـتانداردهای مهـم فوتومتریـک مـی باشـد یـا سـایر سیسـتم هـای تعادلـی دیگـر

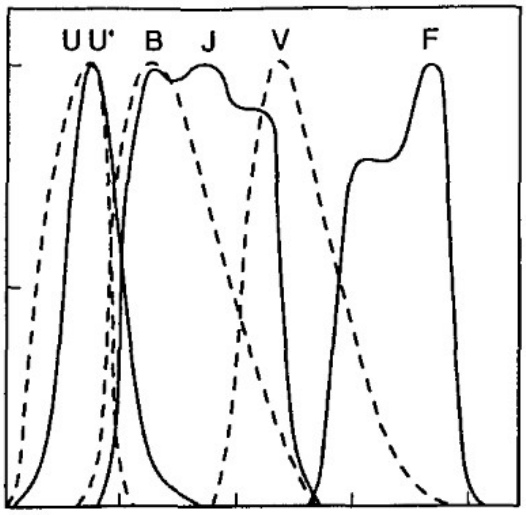
U: درخشش در ماورای بنفش

B: درخشش در بازه آبی

V: درخشش در بازه غیر مرئی

سـایر رده هـای قـدری اعـم از U-B و B-V کـه در رسـم هـای دیاگـرام UBV ترکیبـی از ایـن داده هـا بـه نمایـش گذاشـته شـده اسـت.

Do not copy



شکل ۹-۱۰: نمونه ای از یک سیستم فتومتریک، منحنی واکنش برای فیلترهای UBV که با خط چین کشیده شده اشت. و منحنی UJF با خط نشان داده شده است.

با بررسی این منحنی های نوری و رصد اختلافات که در رنگ ها حاصل می شود و با تطابق آنها با رده بندی هابل می توان سیر تحول یک کهکشان را تا حدودی بدست آورد که از یک سیستم کهکشان نامنظم آغاز شده و وارد کهکشان هایی با گازهایی داغ و فراوان و از آنجا که به کهکشان هایی با شکل بیضوی و با طول موج قرمز و سرد مبدل می شود.

در کهکبشان های بیضوی به طور کلی طیف حاصله قرمزتر از نواحی بیرونی تر می باشد. چگونه این حالت را می توان توضیح داد؟

شکل تابشی وقتی خیلی متمرکز باشد و طبق قانون $r^{\frac{1}{4}}$ عمل می نماید. فرم ستارگان در این صورت به نظر می رسد که از ستارگانی پیر بیرون آمده باشد. در مدل هایی که طیف ها آبی هستند هسته مرکز را ستارگانی جوان تشکیل داده اند. از لحاظ رده بندی سنی نیز آن رده از ستارگان طیف های آبی رنگ دارند که دارای طیف فلزی کمتری هستند. در کهکشان های مارپیچ طیف شاخص قابل ملاحظه در نزدیکی مرکز دیده نمی شود. و در درون دیسک کهکشانی نیز طیف ها از آبی

تـا قرمـز قابـل مشـاهده مـی باشـند و در نزدیکـی مرکـز بیشـتر طیـف هـای جمعیـت هـای پیـر قابـل مشـاهده اسـت.

اختـلاف قابـل ملاحظـه در کهکشـان هـای مارپیـچ در درون بازوهـای دیـده مـی شـود، مثـلا در جمعیـت هـای میـان سـال دیسـک سـتارگان جـوان دیـده مـی شـوند. بـه همیـن ترتیـب در نزدیکـی لنـز بیضـوی مرکز کهکشـان، رنـگ هـای آبـی تـر مشـهود هسـتند.

اگـر رنـگ کهکشـان هـای مارپیـچ نسـبتا یکنواخـت بـه نظـر رسـید حاکـی از آن اسـت کـه نـرخ سـتارگان یـک شـکل در آن منطقـه وجـود دارد و ایـن بـه سـتارگان خـاص یـا چگالـی گاز بسـتگی نـدارد.

ایـن نتایـج بدسـت مـی آیـد از تفسـیر تجمـع تـوده هـای گاز در دیسـک و جریـان هـای داخلـی و خارجـی آنهـا در ایـن گونـه سـاختارها توزیع سـتارگان بـه صـورت شـکل گوسـی در طـول زمـان مـی باشـد.

فراوانـی فلـزات و تقـارن اجـرام سـماوی به سـوی کشـتاروهای گرانشـی هدایـت مـی کند.

۹-۹ مدل های تکاملی کهکشان ها:

بـرای دسـتیابی بـه جمـع بنـدی مناسـب جمعیـت رنـگ کهکشـان هـا و ارائـه مـدل هـای تکاملـی آنهـا دانسـتن تابـش هـای کهکشـان هـا و اثـرات گرانشـی آنهـا بـر یکدیگـر امـری ضـروری بـه نظـر مـی رسـد. یکـی از ایـن متدهـا پرگیـری تکامـل کهکشـان هـا از روی منحنـی هاسـت (تکاملـی کـه بـر مبنـای منحنـی هـای هرتسـپرونگ- راسـل) ارائـه شـده انـد. کـه براسـاس پارامترهـای مختلـف تهیـه شـده اسـت.

۱-نرخ تشکیل ستارگان جوان

۲-طیـف جرمـی سـتارگان جـوان (معـادلات ویـژه جـرم را: $\frac{dN(M)}{dt}$ شـکل می‌دهنـد)

۳-پی گیری تکامل بوسیله نمودار H-R

Do not copy

٤-غنی سازی گازها با عناصر فلزی در انتهای عمر یک ستاره و تبدیل شدن ستاره به یک سوپرنوا

٥-پدیده های غیر ستاره ای که در تابش ها موثر هستند

٦-تابش های خطی گازها، چشمه های غیر گرمائی و سایر موارد

بدین ترتیب تفاسیر که رصدی که از رنگ های کهکشان های بیضوی، مارپیچی و غیر منظم با نرخ ستارگانی که آنها را تشکیل می دهند نشان از یک منحنی نمایی کاهنده نسبت به زمان دارد.

مدل پیشنهادی عمر کهکشان ها را در بازه 10^{10} سال می داند و مقدار جرم را براساس معادلات سالیتون

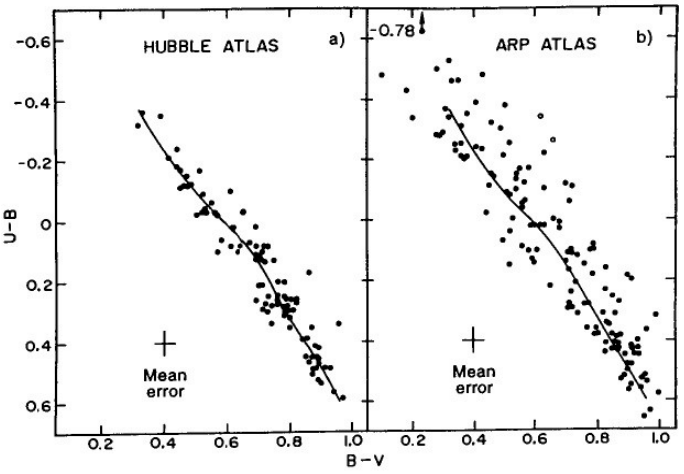
$$\frac{dN(M)}{dt} = CM^{-\alpha} \qquad ۸-۹$$

که در این معادله $\alpha \approx 2.5$.

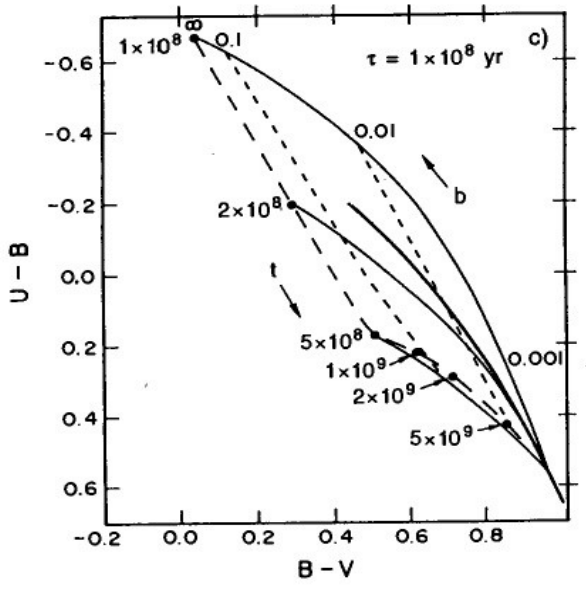
مدل های پیچیده تر قدرت های مختلف از پارامتر فاصله با جرم را به نمایش می گذارند اما مهمترین چیز پیدا کردن مدلی است که بتواند بیشترین و کمترین حالت ویژه معادلات جرم را ارائه نماید. مخصوصا بیشترین مقدار را پیش بینی کند. ستارگان بسیار چگال و بزرگ و خیلی درخشنده سریعتر تحول پیدا می کنند. ستارگان را در بازه $0/25 M_\odot$ تا $35 M_\odot$ در این دسته قرار می گیرند.

در رصد کهکشان ها دیاگرام رنگی که رسم می شود نرخ ستارگان مختلف نسبت به زمان کاهش می یابد. اگر اختلاف $e^{-\beta t}$ می باشد و β به سوی بی نهایت گرایش پیدا می کند (مربوط به یک انفجار ستاره ای که 10^{10} سال پیش اتفاق افتاده، یک پدیده عمومی در ستارگان منفرد رنگ کهکشان های بیضوی در آنها β به سوی صفر گرایش پیدا می کند. تقریبا در زمان های بالا نرخ تشکیل ستارگان ثابت معمولا نرخ های دیر بازه برای کهکشان های مارپیچ است.

علاوه بر این مسلم است که کهکشان های نامنظم تحت انفجارات نامنظم و غیر راندوم ستارگان شکل می گیرند و این انفجارات متناسب است با اندازه ستارگان.



شکل ۹-۱۱: نمودار UBV برای دو نمونه از کهکشان اورده شده.
a) برای کهکشان های معمولی است و b) برای کهکشان های در حال تعامل



شکل ۹-۱۲: نمودار تئوری UBV

فصل دهم

خواص آماری کهکشان ها

Do not copy

۱-۱۰ معادلات تابش:

معادلـه تابـش، معادلـه ای اسـت کـه توزیـع کهکشـان هـا را بـا درخشـش ذاتـی آنهـا یعنـی l مرتبـط مـی سـازد، بـرای یـک حجـم محـدودی میـزان قابـل توجهـی ثابـت نسـبی وجـود دارد. بـرای هـر دو قسـمت یعنـی میـزان روشـنایی کهکشـان هـا و فاصلـه خوشـه هـا، کـدام معادلـه را مـی تـوان در ایـن قسـمت اسـتفاده کـرد کـه بتـوان بـه کمـک آن رابطـه ای را میـان فاصلـه کهکشـان هـا تـا خوشـه و میـزان فرکانـس خطـوط جذبـی کوازارهـا پیـدا نمـود و بـر طبـق آن رونـد تکاملـی کهکشـان هـا را بررسـی کـرد ایـن معادلـه جهانـی بـه Schechter معـروف اسـت کـه بـه صـورت ۱۰-۱ نوشـته می شـود.

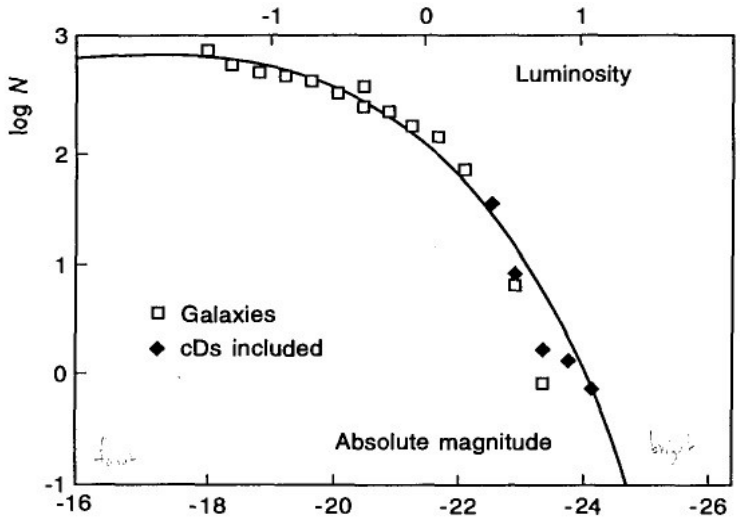
$$\frac{dN(L)}{dL} = C\left(\frac{L}{L^*}\right)^{\alpha} e^{-L/L^*} \qquad ۱۰-۱$$

کـه در آن c یـک ثابـت اسـت، L^* معـادل اسـت بـا قـدر مطلق $M^* = -۲۰.۶$ (ایـن معادلـه مطابـق شـکل۱۰-۱) مـی باشـد و α ثابتـی در نزدیکـی ۱- اسـت. معادلـه تابـش بـا روشـنایی کهکشـان هـا میـزان کمـی اختـلاف دارد. مقـدار α در میـزان درخشـش بـالا ۰/۵- و بـرای حـدود قـدری پاییـن در حـدود ۱/۸- قـرار داده مـی شـود.

شـیب منحنـی Schechter میـزان اختـلاف را نشـان مـی دهـد. همانطـور کـه در شـکل پیداسـت، وقتـی کـه خوشـه هـا بـه طـور کامـل ادغـام شـود شـیب مقـداری زیـاد دارد و شـیب تنـد معمـولا مربـوط بـه خـارج از محـدوده

خوشـه هـا مـی باشـد. میـزان کهکشـان هـا در قسـمت هـای پایینـی کاهـش چشـمگیری دارد.

بـرای بدسـت آوردن قـدر ظاهـری m^* بـا دانسـتن فاصلـه مـی تـوان قـدر مطلـق یعنـی M^* را تعییـن نمـود.

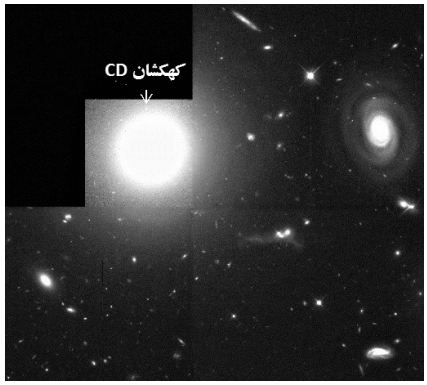


شکل۱۰-۱

همچنیـن بـا داشـتن معـادلات تابـش قدیمـی تـر و جدیـد میـزان انحـراف ایـن معادلـه و حتـی رونـد تکاملـی کهکشـان هـا را بررسـی نمـود. خوشـه هایـی کـه مملـو از کهکشـان هـای مارپیـچ هسـتند و خوشـه هـای مملـو از کهکشـان هـای بیضـوی مسـلما از نظـر تابشـی تفـاوت هایـی دارنـد مشـخص اسـت کـه ایـن کهکشـان هـا دارای درخشـش بالاتـری هسـتند.

۱۰-۱-۱ کهکشان های CD:

کهکشـان هـای CD ، بزرگتریـن ودرخشـنده تریـن نـوع کهکشـانهای معمولـی کـه در مناطـق مرکـزی خوشـه هـای کهکشـانی پرجمعیـت یافـت مـی شـوند. این کهکشـانها مشـابه کهکشـانهای بیضـوی بـزرگ هسـتند بـا ایـن تفـاوت کـه گسـتره سـتاره ای اطـراف آنهـا وسـیع تـر است. کهکشـانها بـا جـذب سـتاره هـای کهکشـانهای مجاورمـی تواننـد بزرگتـر شـوند.



شکل ۱۰-۲: کهکشان CD

این کهکشان ها که در سال ۱۹۶۰ میلادی کشف شده اند وقتی که در بررسی درخشندگی کهکشان های بیضوی به گونه ای خاص خودنمایی نمودند. ابرغول های کهکشانی CD گستره ای در حدود ۱۰۰kpc تا ۱Mpc هستند و بیشتر در عمق خوشه های کهکشانی دیده می شوند اما چگونه ماده در آن منطقه تمرکز پیدا کرده است، گاهی اوقات این نوع کهکشان ها در خوشه های کم تعداد هم دیده می شوند که مقدار ماده زیادی را به خود متمرکز کرده اند (چند کهکشان در مگاپارسک مربع)

چه چیز حاکی از این اختلاف فاحش است که گاهی اوقات با ساختارهای ضعیفی و گاهی اوقات ساختارهای بسیار مسطح مواجه هستیم؟

در ساختارهای CD ترکیبات وسیع هسته ای دیده می شود که ایده به نام همجوشی کهکشانی را در این خصوص عنوان می دارند. فراموش نمی کنیم که در بسیاری از کهکشان های کشف شده پدیده هایی شبیه به عملکرد یک ستاره منفرد را مشاهده کرده ایم. این پدیده ها در اثر تقابل دو کهکشان با یکدیگر حاصل می شود و نتیجه اصطکاک بین کهکشان های متحرک می باشد.

کهکشان ها در حال تکامل و گسترش هستند، بیشتر کهکشان ها تاثیرات اصطکاکی بر یکدیگر دارند و بسیاری از آنها در خوشه ها اثرات

کششی ایجاد می کنند. و گاهی پدیده ها پیامدهای داخلی خود خوشه ها است.

سوالی که مطرح است در کدام نواحی این خوشه های کهکشانی فعالیت های سازنده و در کدام نواحی فعالیت های غیرسازنده و مخرب صورت می پذیرد؟

می دانیم که فعالیت های جزر و مدی در کهکشان ها با توان دوم فاصله تا مرکز متناسب است. عمده پتانسیل گرانشی که موجب کشش به سوی مرکز خوشه های کروی می شود، توسط کهکشان های CD به وجود آمده که علاوه بر آن منجر به بروز اشعه x در اطراف و همسایگی این نوع کهکشان ها نیز می شود.

۱۰-۲ دسته بندی خوشه های کهکشانی از لحاظ شکل آنها:

کهکشان ها اغلب به صورت خوشه های کوچک در آسمان پراکنده نمی شوند.

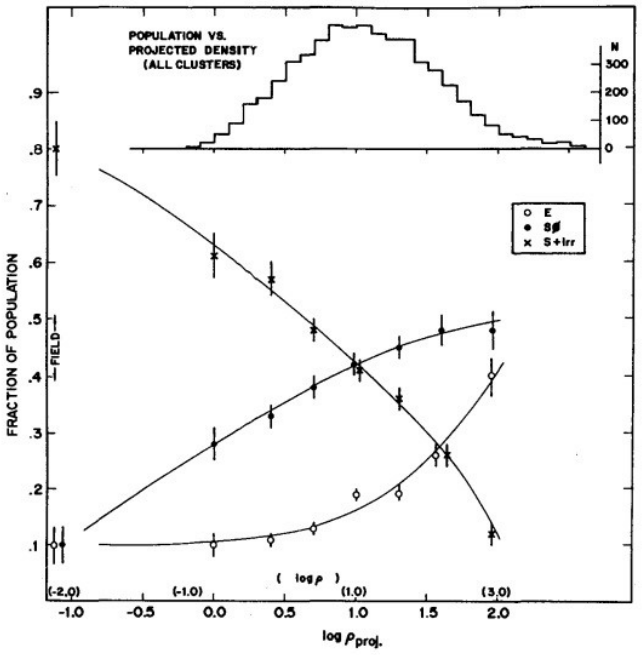
در حدود ۶۹ درصد کهکشان هایی که می شناسیم بالای ۲۵ مگاپارسک در گروه ها قرار دارند، ۲۰ درصد با سایر کهکشان ها انجمن هایی را تشکیل می دهنند و حدود ۱۰ درصد در ابرهای کم چگال هستند و فقط ۱ درصد از کهکشان ها مجردند و ایزوله می باشند. دو کهکشان زمانی در یک گروه قرار می گیرند که مقدار L/R^2 آن بیشتر از مقدار آستانه باشد یعنی در حدود $2.5\times10^9 \frac{L_\odot}{Mpc^2}$ که L بیشترین درخشندگی بین دو کهکشان است، با این تعریف گروه، گروه ها نهادهایی بر پایه باندهای گرانشی می باشند که سرعت پراکندگی در آنها در حدود ۱۰۰Km/s می باشد.

کهکشان زمانی در یک خوشه غنی قرار دارد که چگالی کهکشان ها در خوشه، یک کهکشان در هر MPC^2 باشد، که نزدیک به ۵٪ خوشه ها این گونه هستند این منطقه، منطقه خاصی است، و انحرافاتی که در این این ناحیه صورت می گیرد موجب می شود در روند تکاملی شکل گیری انحرافاتی صورت گیرد، مثلا در این منطقه شکل گیری

Do not copy

کهکشـان هـای بیضـوی بـر کهکشـان هـای مارپیـچ سـبقت چشـمگیری مـی گیـرد.

در شـکل ۱۰-۳ شـباهت انـواع گوناگونـی از کهکشـان هـای مشـاهده شـده را بـه عنـوان کارکـردی از چگالـی میانـه و تعـداد کهشکشـانهای تحـت پوشـش در هـر فاصلـه ای از چگالـی میانـه را نشـان مـی دهـد.



شکل ۱۰-۳

مـی تـوان نقـش محیـط هـای غنـی را در بوجـود آمـدن کهکشـان هـای محـدب و بیضـوی نادیـده انگاشـت در ایـن نواحـی بادهـای میـان کهکشـانی و گـرم میـان خوشـه گازهـا را جـاروب مـی کننـد و ایـن حالت در خوشـه سـنبله دیـده شـده اسـت کـه بادهـای قـوی و وحشـی تـوده گازهـا را بـه جهتـی در خـلاف مرکـز رانـده انـد و نشـان مـی دهـد کـه چگونـه پدیـده هایـی کـه بایـد منجـر بـه وجـود آمـدن کهکشـان هـای مارپیـچ شـود منجـر بـه ظهـور در کهکشـان هـای بیضـوی مـی شـود. صفحـات سـتاره ای از بیـن مـی رود و تـوده مرکـزی باقـی مـی مانـد، و ایـن بـه مـرور در طـول زمـان بـه وسـیله

بادهـا صـورت مـی پذیـرد در سیسـتم هایـی کـه غنـی هسـتند گاهـی ایـن نظریـه اسـت کـه در اثـر برخـورد دو کهکشـان کـروی بـه وجـود مـی آیـد و بعـد از مدتـی کـه بـه آرامـش رسـیدند سیسـتم بـه کهکشـان بیضـوی تبدیـل مـی شـود.

در تفسـیرهای جدیـد ایـن مسـاله مطـرح اسـت کـه در مناطـق غنـی خوشـه هـای پرچـگال صـور خاصـی از کهکشـان هـا شـکل مـی گیرنـد کـه بـه حالـت nature. معروفنـد برخـلاف آنچـه بـه آن تئـوری nurture مـی گفتیـم.

۱۰-۳ تکامل در شکل کهکشان ها:

کهکشـان هـا در طـول بـازه ای نـه بـه انـدازه ای طولانـی در مقایسـه بـا سـن عالـم تغییـر شـکل مـی دهنـد کـه ایـن تغییـر شـکل بیشـتر بـه خاطـر تحـول سـتارگان یـا جـزر و مدهـای داخلـی کهکشـان هـا و یـا حتـی ادغـام آنهـا صـورت مـی گیـرد، کهکشـان هـا کـه منظومـه هایـی از سـتارگان و گازهـای میـان سـتاره ای هسـتند در زمانـی کمتـر از زمـان هابـل دسـتخوش تغییراتـی مـی شـوند. ابـر تقـارن در چگونگـی توزیـع اجـرام در ایـن سیسـتم هـا، سیسـتم را بـه سـوی چگونگـی توزیع مـاده و تشـکیل شـدن تـوده محدب مرکـزی کمـک مـی کنـد، حتـی از بررسـی پدیـده گرایـش بـه قرمـز و رصـد کهکشـان هـا مـی تـوان رونـد تکاملـی کهکشـان هـا را تـا حـدودی بررسـی نمـود.

در دوران اخیـر روش هـای دقیقـی در تحقیـق پدیـده گرایـش بـه سـرخ توسـط تلسـکوپ هابـل بـه وجـود آمـده کـه بـا دقـت۰/۱ ثانیـه قوسـی و بـه مـدت ۱۰ روز متوالـی بـا فیلترهـای متفاوتـی بـه رصـد کهکشـان هـا مـی پـردازد. و بـه رونـد شـکلی و تکاملـی کهکشـانها دسـت پیـدا مـی کنـد. بـا تمرکـز و بررسـی طیـف هـا مسـائلی پیرامـون دیسـک کهکشـان هـا، تابندگـی کهکشـان هـا، جهـت حرکـت و چگونگـی توزیـع کهکشـان هـا و رنـگ آنهـا کـه وابسـته بـه پدیـده گرایـش بـه سـرخ اسـت، را بدسـت مـی آورد.

و بـا تمرکـز و بررسـی طیـف هـا مسـائلی پیرامـون دیسـک کهکشـان

Do not copy

هـا، تابندگـی کهکشـان هـا، جهـت حرکـت و چگونگـی توزیـع کهکشـان هـا و بدسـت آوردن رنـگ آنهـا کـه وابسـته بـه پدیـده گرایـش بـه سـرخ اسـت را بدسـت مـی آورد. بـا اسـتفاده از نتایـج گرایـش بـه قرمـز مـی تـوان درصـد کهکشـان هـای نامنظـم و تعامـل کهکشـان هـا بـا یکدیگـر محاسـبه نمـود. مشـاهدات اولیـه موییـد ایـن مطلـب اسـت کـه برخـورد کهکشـان هـا در بـازه $(1+Z)^M$ بـا سـرعت زیـاد افزایـش مـی یابـد کـه در ایـن فرمـول m ، از مرتبـه ٤ مـی باشـد.

در سلسـله مراتـب کیهـان شناسـی عنـوان مـی شـود در جایـی کـه کهکشـان هـا بـا یکدیگـر ادغـام مـی شـوند رصـد کهکشـان هـای بیضـوی و کـروی در Z>۲ کمتـر و کهکشـان هـا بـه مراتـب کوچکتـر هسـتند بـه طـور کل مطالعـه روی پدیـده هـای اخیـر و بدسـت آوردن خطـا و مشـکلات آن زمینه ای بـرای مطالعـات بعـدی را فراهـم نمـود.

در پدیـده گرایـش بـه سـرخ بالاتـر از ۲/۵، فاصلـه کهکشـان هـا، فاصلـه هـا بـه گونـه ای اسـت کـه در خطـوط لیمـان موثـر شـناخته شـده اسـت و منجـر بـدان مـی شـود کـه خطـوط جذبـی H_1 در مطالعـات دیـده شـود در بـازه Z=۲/٤ تـا Z=۳/٤ وقتـی حـدود درصـد کهکشـان هـا بـا سـه فیلتـر مـورد فوتومتـری قـرار گرفتنـد، مشـخص شـد کـه در نزدیکـی Z~۳ بـا خوشـه هـای کهکشـانی عظیمـی روبـرو هسـتیم.

تکنیـک هـای رصـدی کهکشـان هـا ایـن امـر را بـرای مـا میسـر مـی کنـد کـه بتوانیـم فـرم کهکشـان هـا را تـا حـدودی تشـخیص دهیـم مـواردی چـون چگالـش تابـش، میـزان رنـگ، جهـت گیـری نسـبت بـه z چگونگـی اسـتاندارد تکامـل کهکشـان هـا، مسـائلی کـه در ایـن رصدهـا حاصـل مـی شـود و نـرخ تولیـد فلـزات در سـتارگان بـر روش هـای گرایـش بـه سـرخ موثـر اسـت. در گرایـش بـه سـرخ ضعیفتـر Z>۱/۳ CFRS[۲۰] باجمعیـت هـای قـوی کهکشـان هـای رو بـه تکامـل مواجـه هسـتیم.

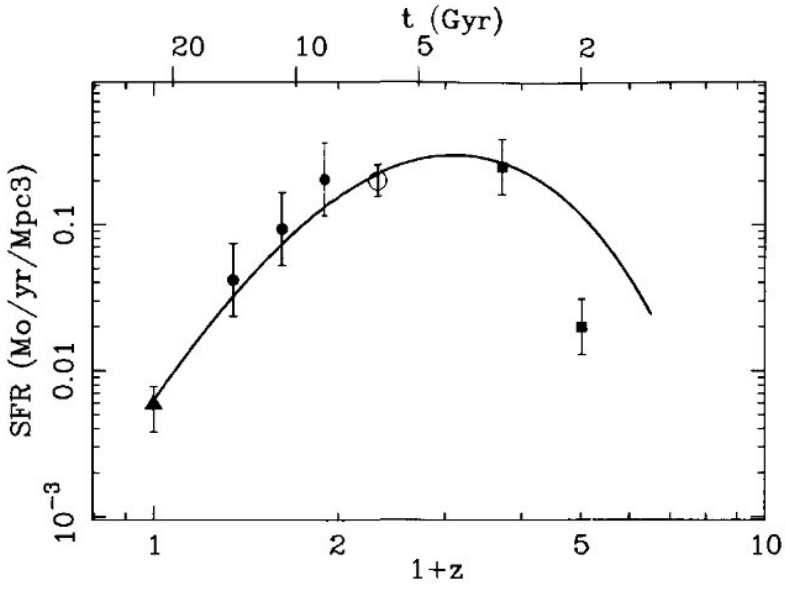
ایـن رونـد تکاملـی کـه براسـاس رنـگ و میـزان درخشـش تعییـن مـی شـود در بـازه ای کـه کهکشـان هـای قرمـز هسـتند بـه Z بسـتگی نـدارد در

۲۰- Canada-france red-shift

صورتی که کهکشان های آبی به این مسائل ربط پیدا می کند.

در بازه ۱ ≈ Z با گازهای غنی مواجه می شویم که در روند تکاملی درخشان دارای پدیده های منظم می باشند در نواحی Z=۱/۵ نرخ قرار گیری ستارگان متناظر به درخشش های دیسک کهکشان های می باشد و قسمتی است که بیشترین گرایش به قرمز را رد خود دارد و در جریان رصد خیلی از کهکشان ها که در روند تکاملی حضور ندارند نیز رصد می شوند که رده و کلاسی را برای خود به وجود می آورند و در جای خود قابل بررسی هستند « به عنوان مثال کهکشان هایی که در حال ادغام هستند»

۱۰-٤ محیط های میان کهکشانی متوسط:



شکل ۱۰ ٤: تاریخچه فرم گیری ستارگان در کیهان، دیدگاه های مختلف و نرخ توزیع آن ها در کیهان نشان داده شده است

کهکشان ها به طور عمده از ستارگان تشکیل یافته اند، اما این ستارگان در محیطی از گازهای سرد غوطه ور هستند، متوسط چگالی این محیط ها از مرتبه یک ذره در هر سانتی متر مربع می باشد به همین

ترتیب از مرتبه $۱۰cm^{-۳}$ در ابرهای اتمی هیدروژن و از مرتبه $۱۰۰۰cm^{-۳}$ در ابرهای مولکولی می باشد. و دما از $۵k$ در بعضی از محیط‌ها، تا مرتبه $۱۰^{۴}k$ در مناطق یونیزاسیون و داغ است. ستارگان جوان متغیر ساختار این محیط ها اغلب از هیدروژن و حدود ٪۲۵ هلیوم و مقداری از آن از سایر گازها ترکیب یافته است. گازهای سنگین نیز به مرور توسط ساختار و تحول ستارگان به محیط تزریق می شود. «مثلا نواختران انفجاری و بادهای ستاره ای»

توزیع گازهای گوناگون در محیط های میان ستاره ای منجر بدان می شود که طیف های مختلفی از مکان های مختلف دریافت کنیم. اعم از امواج قابل رویت H_{Π} به ویژه طیف های H_{α} طیف های رادیویی با طول موج چند سانتی متر مربوط به گسیل های حرارتی سیستم در محدوده منطقه $C H_{\Pi}$ طیف، طول موج ۲۱ سانتی متری هیدروژن H_{I} که منطقه وسیعی از کهکشان مخصوصا مناطق بسیار دور از مرکز را در بر می گیرد، کهکشان ها درطول موج میلیمتر هم تابشی را گسیل می دارند در حدود بازه $۲/۶mm$ که مربوط به مولکول ها ی مونواکسید کربن می باشد که معمولا این مولکول ها مربوط به ابرهای مولکولی و در ناحیه ساختاری $H_{۲}$ وجود دارند. و اینها نسبت به ابرهای اتمی بیشتر در نواحی مرکزی، متمرکز هستند.

۱۰-۵ گازهای یونی:

با رصد طیف های جذبی که از کهکشان ها دریافت می شود، اطلاعات ویژه ای از محیط های میان ستاره ای بدست می آید به ویژه در مورد جو ستارگان، با توجه به توزیع خطوط جذبی و آنالیز این خطوط می توان در مورد ساختار این گازها و نوع آنها مطالعاتی را انجام داد.

۱۰-۵-۱ مناطق یونیزه شده در داخل دیسک کهکشان:

در کهکشان های مارپیچ، در داخل منطقه دیسک در محیط H_{Π} تابش گازهای یونیده در مناطقی که ستارگان جوان و ستارگان بزرگ

قـرار دارنـد جایـی کـه سـتارگان در دسـته B قـرار دارنـد ردیابـی مـی شـوند و بیشـتر در درون بازوهـای بلنـد متمرکـز هسـتند.

شـعاع توزیـع H_{Π} تـوان دوم فاصلـه از مرکـز کهکشـان رابطـه معکـوس دارد. ولـی د رناحیـه H_{Π} در قسـمت هـای مریـی بیشـترین تراکـم را دارنـد.

رصـد تابشـهای کهکشـانی در جاهایـی کـه جـرم هیـدروژن یونیزه شـده زیـاد اسـت مشـاهده مـی شـود در منطقـه ای کـه H_{Π} وجـود دارد گسـیل در طیـف هـای H_{α}، H_{β}، H_{γ}، صـورت مـی پذیـرد. و بـرای خطـوط $N_{۱}$، $N_{۲}$ کـه در سـحابی هـا تعریـف مـی شـوند و مربـوط بـه $O^{۲+}$ و O_{Π} بـوده و دارای طـول مـوج $۴۹۵۹\,A^{\circ}$ تـا $۵۰۰۶/۸\,A^{\circ}$ مـی باشـد ممنـوع مـی باشـد. خطـوط O_{Π} بـا طـول مـوج $۳۷۲۶/۱\,A^{\circ}$ و $۳۷۲۸/۸\,A^{\circ}$ کـه در جـدول ۱۰-۵ نشـان داده شـده اسـت و در آن منحنـی هـای تئـوری و رصـدی بـا یکدیگـر مقایسـه مـی شـوند. میـزان نشـر خطـوط بالمـر بـه میـزان چگالـی الکتـرون هـا و پروتـون هـا بسـتگی دارد. $n_e n_p \approx n_e^{۲}$ (اگـر چگالـی سـایر یـون هـا نادیـده بگیریـم) و ایـن بـه میـزان دمـا بسـتگی دارد.

بـرای مدلسـازی و تعریـف انـدازه گیـری تابـش هـا $E_m = n_e l$ ، I نشـان از طـول خطـوط کـه رابطـه تـوان دوم چگالـی دارد و آن هـم ارتبـاط بـا دمـا دارد (کـه معمـولا از مرتبـه $۱۰^{۴} k$ مـی باشـد) و $n_e^{۲}$ میـزان شـار رصـدی خطـوط بالمـر مـی باشـد کـه تـوان دوم چگالـی الکتـرون اسـت. میزان جـرم یـون هـای هیـدروژن در حجـم v از روش زیـر حاصـل مـی شـود.

$$M(rms) = M_H \left[۱ + ۴ \frac{N(He)}{N(H)} \right] \int f n_e (rms) dv \qquad ۲-۱۰$$

کـه در ایـن رابطـه $\frac{N(He)}{N(H)}$ نسـبت چگالـی هلیـوم بـه هیـدروژن مـی باشـد، M_H میزان جـرم اتمـی هیـدروژن مـی باشـد. f نسـبت شـماره پروتـون بـه الکتـرون مـی باشـد و v نیـز حجـم مـی باشـد.

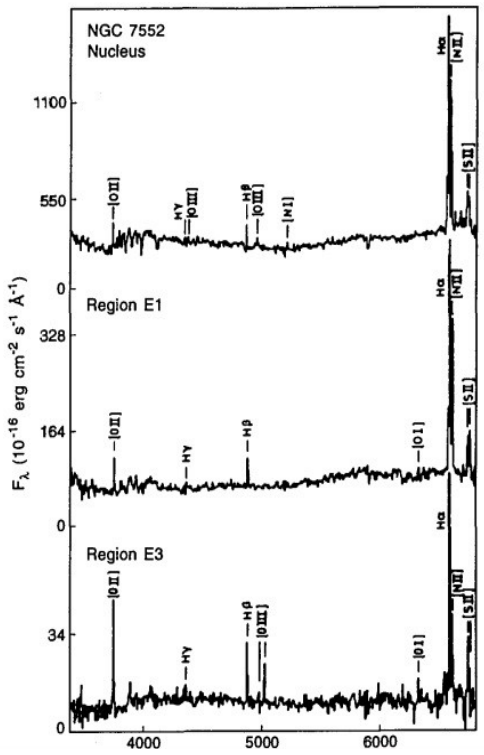
محاسـبات نشـان مـی دهـد کـه میـزان هلیـوم ۲۵٪ جـرم مـی باشـد. وقتـی کـه مـا خطـوط را بدسـت مـی آوریـم بـه معنـی آن اسـت کـه چگالـی

Do not copy

الکتـــرون را بدســـت آوریـــم وقتـــی مـــی گوییـــم n_e ۳۷۲۷ اســـت در واقـــع جـــرم(۳۷۲۷)M مـــی باشـــد.

بـــرای بدســـت آوردن جـــرم دو راه وجـــود دارد یکـــی در هنگامـــی کـــه چگالـــی الکتـــرون هـــا بـــه صـــورت همگـــن پراکنـــده شـــده اســـت درجاهایـــی کـــه گازهـــا در ابرهایـــی متراکـــم توزیـــع شـــده انـــد روش دیگـــری جایگزیـــن مـــی شـــود و بـــه ایـــن گونـــه فـــرض دانســـیته در داخـــل ابـــر n_e و خـــارج از آن صفـــر مـــی باشـــد. مـــا مـــی توانیـــم فاکتـــور را ایـــن گونـــه تعریـــف کنیـــم.

$$n_e(rms) = \sqrt{\eta} n_{ec} = \frac{n_e}{\eta} \qquad ۳-۱۰$$



شـــکل ۱۰-۵: نمـــودار طیـــف نـــوری کهکشـــان مارپیـــچ میلـــه ای NGC۷۵۵۲ در حـــالات مختلـــف رســـم شـــده کـــه ناحیـــه هســـته در بـــالا کشـــیده و دو ناحیـــه دیســـک E۱ و E۳ . ایـــن نمـــودار اطلاعاتـــی دربـــاره نحـــوه تابـــش بـــا تحریـــک (O_{III}/H_β)و (H_α/H_β) در ســـال ۱۹۸۸ ارائـــه شـــده اســـت.

در فرمول فوق n_{ec} نسبت به مولکول O_{Π} می باشد. $n_{ec} \sim$ ۳۷۲۷ در اوریون این نسبت $\frac{n_{ec}}{n_{e(RMS)}}$ برابر ٦ می باشد. پس این فاکتور در حدود $\frac{۱}{۳٦}$ =۰/۰۳ می باشد. در کهکشان های خارجی این فاکتور بزرگتر می باشد. از ۰/۱۲ تا ۰/۲۱ مثلا در منطقه H_{Π} کهکشان ابرهای ماژلانی بزرگ دما با مقایسه دو حالت خطوط تابشی بدست می آید، تابش ها برای یک یون در دو تراز انرژی مختلف بسیار متفاوت می باشد برای مثال نسبت بین خطوط O_{III} و N_{Π} شاخص خوبی برای بدست آوردن اطلاعات مستقل از دما رصدهای رادیویی مورد نظر قرار می گیرد.

برای پارامترهای تحریکی مناسب است که نسبت شدت های خطوط O_{III} نسبت به H_{β} را بدست آوریم.

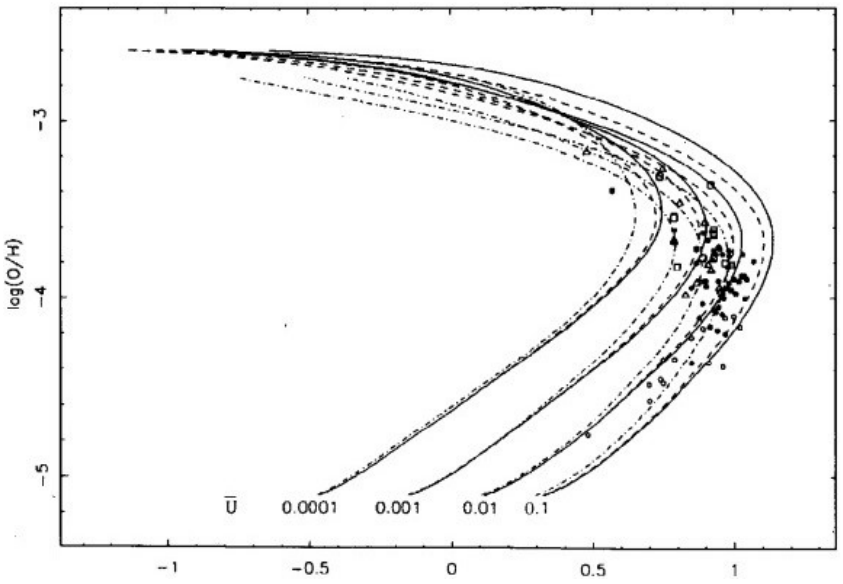
اما در مطالعه در ناحیه H_{Π} پارامترهای مختلف دماهای مختلف نیز بدست می آید. و شاید این منعکس کند وجود چگالی های متفاوت در جاهای مختلف باشد. یا درجات یونیزاسیون مختلف و یا چیزها و موارد دیگر

با مطالعه دما می توان در مورد فراوانی عناصر شیمیایی در جاهای مختلف سیستم هم قرار دارند اطلاعاتی را بدست آورد و یا اطلاتی را بدست آورد. و یا اطلاعاتی از ستارگان دیگر که آیا محیطی یونیده دارند یا ندارند، و این مطالعات منجر به بدست آمدن نتایج مهم و تحقیق ر زمینه عدم قطعیت می شود.

شدت خطوط شاخص اکسیژن راببطه غیر مستقیم دارد با فلزات چرا که در محیط سرد این مطالعات صورت می پذیرد. فراوانی..... پرقدرت کاهش می یابد و در واقع وقتی که خود O فراوانی کمتری دارد. مناطق سرد در مناطق ممنوع تابشی کمترین کارایی را دارد. و در مناطقی که دما بالا می رود تابش های .....مقدار زیادی می باشد.

فراوانی شاخص های تجربی به طور مکرر مورد استفاده قرار می گیرند که از تعداد فراوانی رصد حاصل شده نسبت مقداری از که از کالیبره کردن مطالعات حاصل می شود شکل ۱۰-٦

Do not copy



شکل ۱۰-۶

این دیاگرام ها می تواند نسبت تمام N_{Π}/H_{α} را نشان دهد که نسبت O/H در حال افزایش می باشند. در ناحیه بیرون از کهکشان یعنی منطقه H_{Π} وجود دارد که به مناطق ابر H_{Π} خوانده می شوند. که با مقایسه مناطق H_{Π} با مناطق همسایشان مشخص می وشند این فقط منجر به انتخاب رصدها می وشد که در کدام منطقه از سیستم نسبت به مرکز در حال رصد می باشیم اگر در مناطق کوچک H_{Π} در حال تحقیق رصد هستیم می بایست مقدار شار جرمی را حدود $۱۰^{۷} M_{\odot}$ تا به $۱۰^{۰}$ حساب بیاوریم فراوانی نسبت N_{Π}/H_{α}

برای مثال در عموم کهکشان ها خیلی شبیه به منطقه H_{Π} در کهکشان راه شیری می باشد. و این درجه فراوانی دلالت به میزان مناطق تحریکی می باشد غالبا تحریک (که در گرایش قرمز اندازه گیری می شود) در مناطق وسیعی از کهکشان ما دیده می شود و شاخص تناسب بزرگی است برای سیستم های قرمزگرا با مناطق H_{Π} در خارج کهکشان

در کهکشـــان هـــای نامنظـــم و قســـمت هایـــی از کهکشـــان هـــای کوتولـــه، قســـمت هـــای ایزولـــه ای در مناطـــق خارجـــی H_{Π} قـــرار دارنـــد، کـــه عناصـــر ســـنگین در آنهـــا وجـــود دارد کـــه در قســـمتی از ســـاختار و تحـــول ســـتارگان بـــه وجـــود آمـــده انـــد کـــه غنـــی از عناصـــر در محیـــط هـــای میـــان ســـتاره ای مـــی باشـــد. فراوانـــی نســـبت H/O از ۱/۴۰ تـــا ۱/۸۰ از داخـــل کهکشـــان تـــا مناطـــق همســـایه و مجـــاور مـــی رســـد.

فراوانـــی حقیقـــی، گرادیـــان در مرکـــز محـــدب یـــک کهکشـــان مارپیـــچ بزرگ بدســـت مـــی آیـــد، فراوانـــی در مناطـــق خارجـــی منطقـــه H_{Π} ده بـــا کمتـــر مناطـــق مرکـــزی مـــی باشـــد. مـــدل هـــای تکامـــل شـــیمیائی دلیـــل ایـــن تغییـــرات را توضیـــح مـــی دهـــد. اولا در چگالـــی هـــای گوســـی کـــه شـــدت بـــا شـــعاع کاهـــش مـــی یابـــد نـــرخ شـــکل گیـــری ســـتارگان SFR تناســـب غیـــر خطـــی بـــا چگالـــی ρ_g گاز دارد. (قانـــون SCHMIDTH عنـــوان مـــی دارد کـــه SFR تناســـب بـــا ρ_g^n دارد در صورتـــی کـــه n>۱ باشـــد) و ثانیـــا امـــکان جریـــان هـــای گاز شـــعاعی وجـــود دارد. و ثالثـــا مشـــابه افـــت و خیزهایـــی د ربـــازه IMF مشـــاهده شـــود (در معـــادلات ویـــژه جـــرم) در رصدهایـــی کـــه در کهکشـــان هـــای مارپیـــچ میلـــه ای صـــورت مـــی گیـــرد جریـــان هـــای شـــعاعی بســـیار قـــوی مـــی باشـــند و بـــه علـــت دینامیـــک ترکیبـــی کـــه دارد اختـــلاف در فراوانـــی هـــا بســـیار مشـــهود اســـت.

۱۰-۵-۲ خطوط تابشی در هسته:

خطـــوط تابشـــی در کهکشـــان هـــای مارپیـــچ بســـیار شـــاخص اســـت و زمینـــه هـــای مختلفـــی را دارد، ممکـــن اســـت مربـــوط بـــه مناطقـــی از H_{Π} باشـــد کـــه در اثـــر ســـتارگان داغـــی در حـــال تابـــش فوتو-یـــون مـــی باشـــند. و در مـــواردی خـــاص ممکـــن اســـت ســـتارگان انفجـــاری در کهکشـــان هـــا در یـــک یـــا دوحالـــت روشـــنائی بیشـــتر از ســـتارگان نرمـــال از خـــود نشـــان دهنـــد کـــه بیشـــترین پیـــک آنهـــا در ســـتارگان مرکـــزی و در هســـته شـــان مـــی باشـــد. امـــا عـــلاوه بـــر قســـمت هـــای کوچکـــی از کهکشـــان هـــای مارپیـــچ، تابـــش هائـــی بـــا منشـــاء هســـته ای و خطـــوط ناشـــی از آن در بـــازه گســـترده ای از مناطـــق یونیـــزه شـــده در مناطـــق H_{Π} صـــورت مـــی پذیـــرد. آنهـــا بلندتـــر نیســـتند و منجـــر مـــی شـــود در نواحـــی مرســـوم H_{Π} بـــا تحریـــک ســـتارگان OB حاصـــل

Do not copy

شـوند. نسـبت N_{Π}/H_{α} نزدیـک بـه امـر مـی باشـد. بـه عنـوان مثـال ایـن حالت عمومیـت در مناطـق دیسـک نـدارد، معمـولا ایـن خطـوط تابشـی بسـیار پهـن هسـتند، بسـیار پهـن تـر از خطـوط تابشـی سـتارگان انفجـاری هسـته ای، بـه ایـن نـوع تابـش هـا در هسـته، کهکشـان هـای فعـال هسـته ای گفتـه مـی شـود (AGN) آنهـا کهکشـان هـای سـیفرت هسـتند و بـا کهکشـان هـای تابشـی و کوازارهـا اشـتراک دارنـد.

۱۰-۶ تابش های رادیویی:

یـک تابـش طبیعـی اسـت، وقتـی کـه یونیزاسـیون در محیـط هـای میـان سـتاره ای صـورت مـی پذیـرد، منجـر بـه وجـود آمـدن تابـش هـای رادیویـی مـی شـود، اطلاعـات جدیـدی کـه از ایـن تابـش هـا بدسـت رسـیده حاکـی از آن اسـت کـه آنهـا از تحریـک گـرد و غبـار میـان سـتاره ای حاصـل مـی شـوند. کـه در دامنـه هایـی غیـر مریـی شـروع بـه تابـش مـی کننـد تابـش هـای رادیویـی در محیـط هـای خـارج کهکشـانی ممکـن اسـت دو حالـت متفـاوت ایجـاد شـود:

۱- تابـش حرارتـی بـا تابـش ترمـزی در یـون هـای گازی: بـا حرکـت الکتـرون هـا در فضـای میـان سـتاره ای وقتـی کـه الکتـرون هـا شـتاب مـی گیرنـد از خـود مـوج الکترومغناطیـس گسـیل مـی کننـد، کـه ایـن تابـش متناسـب بـا تـوان دوم ایـن شـتاب مـی باشـد. در ایـن انتقـال الکتـرون از ترازهـای آزاد بـه سـایر ترازهـای آزاد منتقـل مـی شـود کـه بـه ایـن تابـش آزاد-آزاد مـی گوینـد کـه متناسـب اسـت بـا:

$$T e^{-\frac{1}{2}} n e^{2} g(T_e, \upsilon) \qquad ۱۰-۴$$

کـه (T_e, υ) ارتباطـی بیـن فرکانـس و دمـای الکتـرون را نشـان مـی دهـد و n_e در آن نشـان از چگالـی الکتـرون در آن منطقـه مـی باشـد. مقادیـر مختلـف بـرای ایـن فرمـول عامـل مـی شـود کـه در میـزان κ_ν در قانـون کریشـهف هـم تغییـر ایجـاد شـود $j_\nu = \kappa_\nu B_\nu$

یکـی از طرفـی منجـر بـه وجـود آمـدن تابـش هـای رادیوئـی مـی شـود این است که دما معادل با $T = T_e$ باشد که در آن

$$T_b = T_{b.} e^{-\tau} + T(1 + e^{\tau})$$

که در آن $T_{b.}$ دمایی است که در آن سیستم توان تابش مرئی را دارا بود.

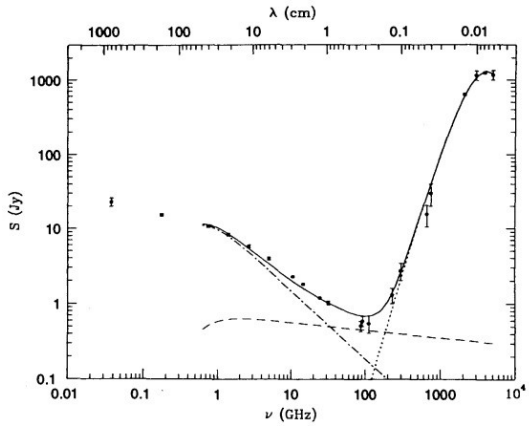
تابش های غیر دمایی در منطقه H_Π:

در این تابش ها الکترون روی خطوط مغناطیسی مارپیچ شروع به گردش می کند و با گردش پیچشی در میدان حول میدان مغناطیسی تابش می کنند، این تابش از مهم ترین ساختارهای تابشی در سوپرنواها قلمداد می شود و براساس آن می توان میزان توزیع انرژی نسبت به توزیع الکترون ها را بدست آورد و از بدست آوردن میزان پولاریزاسیون می توان دامنه میدان مغناطیسی را تعیین نمود. مخصوصا در بازوهای کهکشان.

تابش های طبیعی چه دمایی چه غیر دمایی در فرکانس های مختلف صورت می پذیرد.

تابش های دمایی منطقه H_Π از سنجش میزان تابش رادیویی این مناطق مشخص می شود مانند منطقه M_{82} در شکل ۱۰-۷ نشان داده شده است

$$s = 2\kappa T_b \upsilon^2 \frac{\Omega}{c^2} \qquad ۵-۱۰$$



شکل ۱۰-۷

Do not copy

$$S = ۲K\,T_b\,\nu^۲\,\frac{\Omega}{C^۲}$$

که در این فرمول K ثابت بولترمن، C سرعت نور، Ω تابش زاویه‌ای، T_b تابش دمایی، $\upsilon^۲$ متغیر اپتیکی است که برای $\tau \ll ۱$ و« اگر $\tau \gg ۱$، T_b ثابت می باشد» .عبارت دیگر تابش سینکروترون وابسته است به توزیع انرژی الکترون ها که در قانون عمومی ذکر شده است.

تابش سینکروترونی و ارتباط آن با طیف فرکانس ها از جمله قوانین مهم جهانی محسوب می شود.

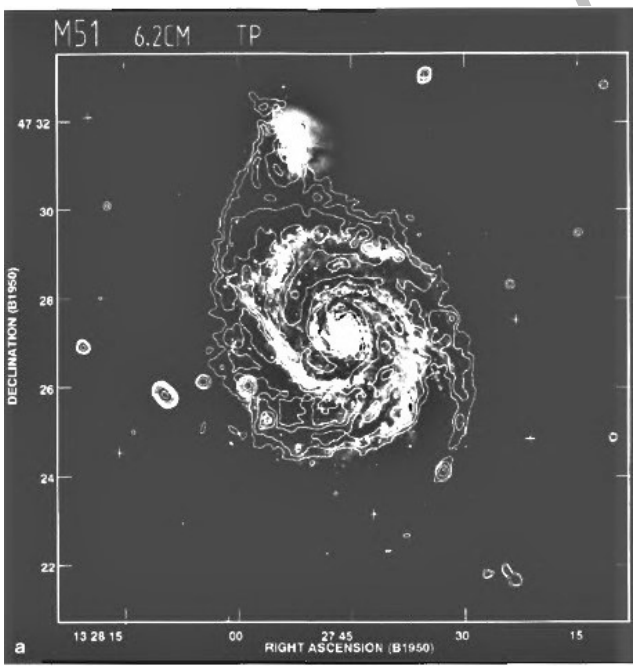
با یک اندیس طیفی $\alpha > ۰.۵$ که در همیشه بسیار تندتر از تابش دمایی می باشد.

۱۰-۶-۱ مشخصات عمومی تابش:

برای بدست آوردن ساختار تابش رادیویی که در خارج کهکشان راه شیری و جدا کردن ان از تابش های هسته ای لازم است که از رادیو تلسکوپ هایی با نصف توان و بازده ۱۵٪ استفاده شود. شعاع در این پرتو $۲۶/۵\ \text{mag arcsec}^{-۲}$ می باشد. در رصدهای تداخل سنجی که عموما صورت می گیرد می توان انواع تابش ها را در درون دیسک کهکشان ها کشف و ردیابی نمود، و این اکتشافات حاکی از تابع نمایی است در قسمت مریی دیسک کهکشان و گستره شعاع خود کهکشان را مشخص می کند که مطابق با مدل ها می باشد به عبارت دیگرمعنی تابندگی در درون دیسک در گسیل های رادیویی شامل همه جرم یا همه تابش های کهکشان نمی شود. این توزیع در تابش جهانی جمعیت های جوان (یعنی جمعیت های نوع I) که در منطقه H_{Π} قرار گرفته اند، معنای اندیس طیفی درتابش های رادیوئی بدین معناست که جمعیت های زیادی را که تابش گرمایی ندارند را کشف کرده ایم. (۱- تا ۰/۷- = α) که تابش نهایی فرکانس ۴۰۸ تا ۱۴۲۵ مگاهرتز متغیر می باشد. قطعا پیوستگی بین تابش های قدرتمند رادیویی حاصل از تابش های هسته ای و تابش های دیسک های کهکشانی وجود دارد که

حاصل از تقویت چگالی الکترون ها می باشد یا از میادین مغناطیسی که به وسیله سوپرنواها فعال در عرصه هسته ای تولید می شوند.

مسلم است که کهکشان های مارپیچ برای بدست آوردن نتایج تداخل سنجی و تابش های رادیوئی در حالت عمومی مطرح هستند. زیباترین نمونه در این خصوص کهکشان M_{51} است که طول موج در حدود ٦/٢ سانتی متری که روی عکس اپتیکی قرار گرفته شده است که در شکل ۱۰-۸ ملاحظه می کنید. مشاهده می شود که تابش های رادیویی از کهکشان بازوها و هسته محدب تابش می شود.

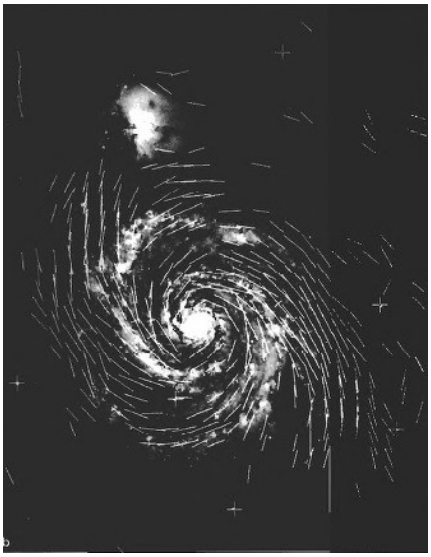


شکل ۱۰-۸

نرخ افزایش تابش های رادیویی و سوپرنواها در درون بازوها بیشتر است و بیشترین تابش ها در بازوها قرار دارد و چگالی امواج تابشی در آنجا زیاد است چنانچه در شکل ۱۰-۹ دیده می شود. خطوط میادین مغناطیسی در بازوها چگالی زیادی دارد.

نرخ تراکم خطوط میادین مغناطیسی با آنچه تئوری تراکم سازگاری ندارد. که خطوط مغناطیسی تغییر شکل داده و از حالت

جمعیت عمود خارج می شود و در نزدیکی سیارات یا کهکشان ها این پدیده اثبات می کند که توضیحاتی که در دیسک های رادیویی، عظیم تر از دیسک اپتیکی می باشد.



شکل ۱۰-۹

Do not copy

فصل یازدهم

فرم کهکشان ها از نگاه
ساختارهای بزرگ مقیاس عالم

Do not copy

فـرم کهکشـان هـا در سـاختارهای بـزرگ مقیـاس از جمله مسـائلی اسـت کـه بـدون پاسـخ باقـی مانده اسـت.

نقطـه آغـاز بـه جریـان انداختـن ایـن سـناریو را بایـد در نظریـه « بـی ثباتـی گرانشـی» جسـتجو نمـود، بـه بیـان سـاده تـر مـی تـوان گفـت کـه، وجـود چگالـی از جـرم هـای محلـی پراکنـده و وجـود جاذبـه بیـن آنهـا منجر بـه بوجـود آمـدن شـتاب گرانشـی مـی شـود. در ایـن ایـده پیـش بینـی مـی شـود کـه در رونـد تکاملـی کهکشـان هـای کوچـک ناهمگـون، گرانـش ایسـتا دچـار تغییـرات شـدیدی بـه سـوی افزایـش بـی نظمـی سیسـتم مـی شـود، و در حقیقـت از حالتـی ناهمگـون بـه سـوی حالتـی همگـون سـیر مـی کنـد.

در نظر گرفتن جهانی با چگالی ρ بر طبق نظمی باستانی

$$\rho_{pert\rho\rho\rho} = \overline{\rho} + \delta\rho \qquad ۱-۱۱$$

کـه در ایـن فرمـول $\frac{\delta\rho}{\rho} \ll ۱$ نشـان دهنـده آن اسـت کـه ایـن افزایـش بـا سـرعت زیـادی صـورت نگرفتـه اسـت، ایـن پدیـده زمانـی شـکل مـی گیـرد کـه رقابتـی بیـن زمینـه هـای اختلالـی کـه در زمـان فروریـزش گرانشـی $t_{eff} \propto (G\rho)^{-1/2}$ و توسـعه $t_{ext} \propto (G\rho)^{-1/2}$ رخ مـی دهـد. کـه ایـن منجـر بـدان مـی شـود کـه چگالـی هـا رو بـه کاهـش نهـد، و بـه منجـر بـدان می شـود که بـه وجـود آمـدن هـای نوسـانی در جهـان رو بـه کاهـش نهـد. در ایـن افزایش بـرای باریـون هـا فقـط منجـر بـه بازترکیبـی مـی شـود $Z_{rec} \approx ۱۰۰۰$ ودر

فـاز چگالـی فقـط بـا فاکتـور $(۱+Z_{rec}) = ۱۰^{۳}$ زایـش مـی یابـد. حـالا مقـدار اضافـه شـده را عبـارت $\frac{\delta\rho}{\delta\overline{\rho}} = (\rho-\overline{\rho})/\overline{\rho} \geq ۱$ بدسـت مـی آوریـم. (کهکشـان هـا و خوشـه هـا)، ناهمگونـی اولیـه بایـد از مرتبه $۱۰^{۳}$ فـرض شـود.

حـالا افزودنـی هـا $\delta = \frac{\delta\rho}{\delta\overline{\rho}} = (\rho-\overline{\rho})/\overline{\rho} \geq ۱$ را بدسـت مـی آوریـم کـه متناظـر بـا کهکشـان هـا، خوشـه هـا مـی باشـد، کـه ناهمگونـی δ_i در حـدود مرتبـه $۱۰^{-۳}$ در نظـر گرفتـه مـی شـود. هـر چنـد ایـن کمتریـن حـدود دامنـه ای اسـت کـه از لحـاظ رصـدی بـرای δ_i در نظـر گرفتـه مـی شـود.

مقـدار ۲/۷ کلویـن از لحـاظ رصـدی بـرای تابـش هـای پـس زمینـه آسـمان بدسـت مـی آیـد. ایـن تابـش هـا همگـون هسـتند و از مرتبـه همگـی. $۱۰^{-۵}$ مـی باشـد. $۱۰^{-۵} \leq \frac{\delta T}{T}$ و چگالـی نوسـانات مـا را بـدان سـو هدایت مـی کند کـه دمـای نوسـانی در بـازه $\frac{\delta T}{T} \approx \frac{\delta\rho}{\delta\overline{\rho}}$ مـی باشـد. در ادامـه در عصـر بازترکیب مـاده جهـان بـه سـوی ناهمگونـی پیـش مـی رود. ایـن اصلـی تریـن مشـکلی اسـت کـه در مـدل سـازی کهکشـان هـا بـا آن مواجـه هسـتیم. آشـکار اسـت کـه مسـاله وحـدت بـزرگ (GUT) و مـدل تورمـی قسـمتی از جـواب مسـاله وجـود مـاده در حالـت غیـر باریونـی و مـاده هـای متفرقـه اسـت. بـه عبـارت دیگـر مشـارکتی پنهـان بـرای پارامتـر چگالـی. $\Omega_{.}$ وجـود دارد کـه در تئـوری تورمـی برابـر بـا $\Omega_{.} = ۱$ مـی باشـد و مقادیـر دیگـر بـرای $\Omega_{.}$ منجـر بـه بوجـود آمـدن مـدل هـای نوسـانی بـرای عالـم مـی شـود. انبسـاط در مـدل نوسـانی مـی توانسـته قبـل از بازترکیبـی مـواد بـه وجـود آمـده باشـد، مقـدار δ_i را مـی تـوان در تابـش زمینـه آسـمان جسـتجو کـرد.

مسـاله تکامـل عالـم را مـی تـوان بـه صـورت سـاده بـا در نظـر گرفتـن روابـط خطـی اینشـتین بـا احتسـاب کوچـک بودن δ محاسـبه کـرد و بعـد بـرای پیچیـده شـدن آن در اسـتفاده از روابـط نسـبیت عـام و در نظـر گرفتـن میادیـن مختلـف از باریونهـا، فوتـون هـا، غیرباریـون هـا و چیزهـای دیگـر بـه سیسـتم بـه وجـود مـی آیـد و افـق رویـداد را فـارغ از محدودیـت هـای مکانیـک نیوتونـی بدسـت مـی آورنـد در ایـن دسـته جنبـه هـای ریاضـی

Do not copy

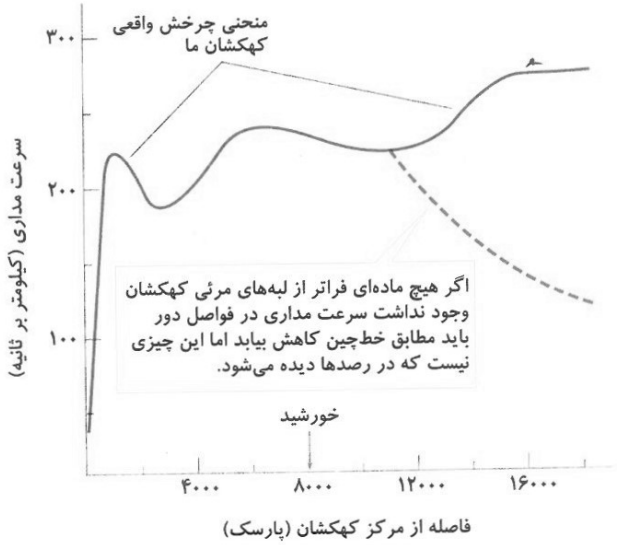
فیزیکی غلبه خاصی دارد.

جرم و ازدیاد اختلالات

یک جزء از مدل:

مسائل ریاضی که در مورد اختلالا همگنی و بی ثباتی آن در ماده نوشته می شود در اولین گام به وسیGJEAMD نوشته می شود. در این تئوری دو فاکتو دخالت دارد: یکی گرانش نیرویی که از عوارض ماده حاصل می شود و دیگری فشار که منجر به برهم خوردن.

منحنی نمایش تغییرات سرعت در کهکشان راه شیری به قرار زیر است



در کهکشان راه شیری الگویی از افزایش سرعت های خطی بر حسب افزایش فاصله از مرکز را مشاهده می کنید، این الگو خلاف الگوی کاهش خطی سیارات در منظومه شمسی است. مثلا معلوم می شود که عطارد در اوج با سرعت ۴۰ Km/s سیر میکند و در حضیض ۵۶Km/s فزایش می یابد میانگین سرعت عطارد در مدارش۴۸ Km/s یا ۱۷۲٫۸۰۰Km/h است وقتی سیارات را به طور متوالی بررسی می کنیم متوجه می شویم که هر سیاره نسبت به سیاره قبلی خود از

خورشید دورتر است و در مدار خود کندتر حرکت می کند مثلا سرعت میانگین زمین ۱۰۷۲۸۰ Km/s است

همانطور که می دانیم طبق رابطه سوم کپلر داریم:

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{GM_\odot}{4\pi^2} \qquad ۲-۱۱$$

از طرفی داریم

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{\frac{4\pi^2}{\omega^2}}{R^3} = \frac{GM_\odot}{4\pi^2}$$

و با توجه به رابطه روبرو

$$V = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{V}{R}$$

$$\frac{\frac{4\pi^2}{\left(\frac{V}{R}\right)^2}}{R^3} = \frac{GM_\odot}{4\pi^2} \Rightarrow \frac{4\pi^2}{R} = \frac{GM_\odot}{4\pi^2} \qquad ۳-۱۱$$

چرا کهکشان های مارپیچ بازو دارند؟

نظریات مختلفی برای این مساله وجود دارد، نظریه ای که در یکی دو دهه اخیر مقبولیت بیشتری دارد، مبتنی است بر اینکه با حرکت امواج چگالی در صفحه کهکشان مارپیچی این بازوها به وجود می آید، امواج چگالی ، از حرکت یک ناحیه متراکم در محیط مادی به وجود می آید در حالی که اجزای این محیط حرکت نسبتا آرامتری نسبت به مکان متوسط خود دارند. امواج صوتی مثال آشنائی از انتشار امواج چگال است.

امواج چگالی از یک جنبه همانند امواج سطح برکه و دریاچه عمل می کنند، یعنی ماده را به یک سمت جاروب می کنند، و در ناحیه مجاور مقدار ماده برای مدتی کمتر می شود. در مورد آب این نیرو با دست است که سبب پیدایش امواج می شود. ولی در کهکشان کششی

Do not copy

گرانش درون کهکشان باعث پیدایش امواج چگالی است. در آب، امواج ایجاد شده را به راحتی می توان دید، ولی در کهکشان ها آشکارسازی امواج چگالی مدت ها منجمان را به خود مشغول داشته است.

وقتی به کهکشانی مارپیچ نگاه می کنیم چنین به نظر می رسد که بازوهای مارپیچ در راستای انتشار امواج چگالی به وجود آمده اند، ولی اخترشناسان می گویند که این امواج در بازوها با هم جمع می شوند و شکل پیچیده ای به وجود می آورند. که آن را باید در جزئیات ساختار بازو جستجو کرد.

یافتن شواهد وجود امواج چگالی کار ساده ای نبود. منجمان نخست می بایست در نحوه طبقه بندی کهکشان ها تجدید نظر می کردند، بعد با پردازش تصاویر تلسکوپی مارپیچ ها را به طریقی جدید، جزئیات ساختار آنها را وضوح بیشتری می بخشیدند. بازوهای کهکشانی که بازوهای طولانی و متقارن دارند و «چند بازویی» طولانی و متقارنند که به وسیله امواج چگالی مارپیچ به وجود آمده اند. با چرخش ستاره ها به دور مرکز کهکشان موج نیز با سرعتی ثابت به دور صفحه می گردد. برهمکنش مدام امواج و ستاره ها، پیوسته گاز و ستاره های جدیدی را در کنار هم انباشته می کند، تا اینکه شکل بازو مشخص و بارز شود. شکل امواج درون کهکشان های پنجه ای و چند بازویی یکسان نیست.

کهکشان هایی یا بازوهایی تکه تکه و نامتقارن ولی دارای صرفا یک طرح مارپیچ مانند کهکشان (NGC۷۷۹۳) را کهکشان پنبه ای می گویند و ترکیبی از کهکشان های پنبه ای و طرح اصل را کهکشان های (چندبازویی) می گویند.

هنگامی که هر موج چگالی درون کهکشان حرکت می کند ممکن است با امواج دیگری مواجه شود. چنانچه دو موج از میان یکدیگر عبور کنند یا به انرژیشان افزوده می شود و یا به اصطلاح تداخل سازنده دارند و یا از انرژیشان کاسته می شود، و یا اصطلاح تداخل ویرانگر دارند. که نهایتا منجر به تشکیل شکل در هم آمیخته ای از

امـواج در درون صفحـه مـی شـود.

ایـن امـر باعـث بـه وجـود آمـدن فاصلـه ای خالـی بیـن بازوهـا و قطعـات بازوهـای مارپیـچ کوتاهـی مـی شـود کـه اخترشناسـان در بعضـی از کهکشـان هـا ملاحظـه مـی کننـد.

منجمـان مـی تواننـد رد ایـن اشـکال را بـا رصـد سـتاره هـا و گاز دنبـال کننـد.

گاز و سـتاره هـا در اطـراف مدارهـای تقریبـا دایـروی خـود بـه مرکـز کهکشـان حـرکات ارتعاشـی دارنـد کـه بـه دلیـل کشـش گرانشـی ابرهـای عظیـم گازی شـکل و خـود بازوهـای مارپیـچ اسـت. اخترشناسـان ایـن حرکت ارتعاشـی متنـاوب را حرکـت تدویـری مـی نامنـد.

در کهکشـان هایـی یـا بازوهـای محـدود، بازوهـای حـدی خارجـی و داخلـی دارنـد کـه دیگـر پیـش از آن گسـترش نمـی یابنـد، در داخـل و خـارج ایـن مرزهـا، گاز و سـتاره هـای کهکشـان انـرژی امـواج چگالـی مارپیـچ را کامـلا جـذب مـی کننـد و از انتقـال امـواج بـه خـارج از ایـن محـدوده و تشـکیل بـازو جلوگیـری مـی کننـد.

اخترشناسـان تـا بـه حـال فقـط توانسـته انـد، نظـری اجمالـی بـر امـواج چگالـی و نقـش آنهـا در شـکل دهـی بازوهـای مارپیـچ بیندازنـد. بـرای رسـیدن بـه تعییـن و قطعیـت بیشـتر رصدهـای بیشـتری لازم اسـت امـا تـا بـه حـال قـدر مسـلم نشـان داده شـده کـه نظریـه امـواج چگالـی بـرای فـرم دهـی کهکشـان هـا کارسـاز بـوده و امیـد اسـت کـه در آینـده در پژوهـش هـای بنیـادی تـر شـکل و سـاختار و تحـول و تکامـل کهکشـان هـا مـورد ارزیابـی بیشـتری قـرار بگیـرد.

در موج چگالی دقیق تر شویم.

پـس از تفکـر دربـاره کهکشـان هـا در مـی یابیـد کـه بـا مشـکلاتی مواجـه هسـتیم چـرا بازوهـای مارپیـچ وجـود دارنـد؟ چگونـه ممکـن اسـت کهکشـان هـای مارپیـچ وجـود داشـته باشـند؟ بـا توجـه بـه اینکـه قسـمت

Do not copy

هـای مختلـف کهکشـان بـا سـرعت هـای متفـاوت مـی گردنـد. مـا ۲۰ بـار بـه دور کهکشـان گردیـده ایـم ولـی سـتارگان دور از مرکـز کهکشـان خیلـی آهسـته تـر از خورشـید حرکـت مـی کننـد.

بنابرایـن بازوهـای مارپیـچ از بیـن مـی رونـد بعـد از دوبـار گـردش کهکشـانی، بازوهـای مارپیچـی بقـدری محکـم پیـچ مـی خورنـد کـه ناپدیـد مـی شـوند. ولـی بازوهـای مارپیچـی ایسـتادگی مـی کننـد، بـا وجـود گردش دیفرانسـیل مشـاهده شـده در کهکشـان هـای مارپیـچ بازوهـای مارپیـچ بعـد از ۱۲ بـار گـردش حـول مرکـز کهکشـان همچنـان پابرجـا هسـتند؟ چـرا؟

مسـاله دشـوار بازوهـای مارپیـچ، مـورد کاوش و پژوهـش اخترفیزیکدانان قـرار گرفـت تـا اینکـه در سـال ۱۹۷۰ «۱۳۴۹ ه.ش» اخترشناسـان سـوئدی اسـتدلال کردنـد کـه بازوهـای مارپیچـی یـک کهکشـان صرفـا خاصیتی اسـت کـه میـان سـتارگان حرکـت مـی کنـد مثـل امـواج اقیانـوس کـه در اثـر حرکـت عامـل مـی شـود کـه مولکـول هـای منفـرد آب در جـای خـود نوسـان کننـد.

بـه دنبـال ایـن نظـر اخترشناسـان آمریکائـی عنـوان داشـتند کـه امـواج چگالـی[۲۱] کـه از میـان قـرص کهکشـان عبـور مـی کننـد باعـث مـی شـوند مـواد موقتـا تـوده شـده بـالا بیاینـد. بنابرایـن یـک بـازوی مارپیـچ، بـالا آمدگـی یـا فشـردگی موقتـی مـواد در کهکشـان اسـت.

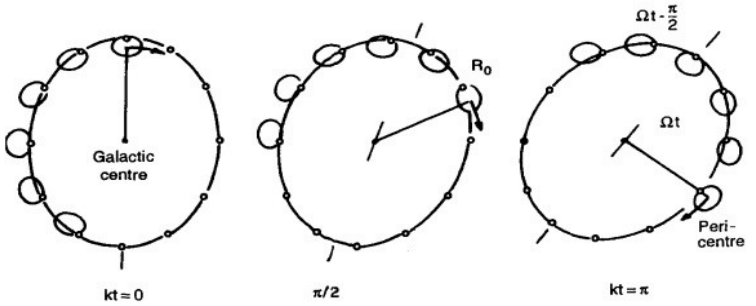
مثـلا فـرض کنیـد در بزرگراهـی کارگـران مشـغول کارنـد و باعـث مـی شـوند اتومبیـل هایـی کـه بـا سـرعت ۱۰۰.....حرکـت مـی کننـد موقتـا از سـرعت خـود بکاهنـد، اگـر بـا هلیکوپتـری از بـالا نـگاه کنیـم مشـاهده مـی شـود کـه در منطقـه ای بـه طـور مسـتمر تراکـم اتومبیـل هـا زیـاد شـده و دوبـاره عـادی مـی شـود.

ولـی مـوج چگالـی چیسـت؟ چـه اتفاقـی در یـک کهکشـان مـی افتـد کـه مشـابه کارگـران در یـک آزاد راه را موجـب بوجـود آمـدن چگالـی در منطقه می شـود؟ بـا توجـه بـه اینکـه فاصلـه سـتارگان از هـم بسـیار زیـاد اسـت و عملا تـا بحـال مشـاهده نشـده کـه دو سـتاره بـه یکدیگـر برخـورد کننـد و همـواره

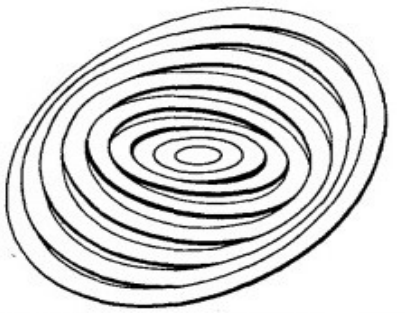
۲۱- Density wave

رد مداری خاص به حول مرکز کهکشان در حال گردش هستند. در یک کهکشان علیرغم اینکه ستارگان از هم فاصله دارند به علت اندرکنش بین آنها وجود دارد، ستارگان میادین گرانش یکدیگر را حس می کنند و نیروی گرانشی بین ستارگان را کنترل می کند همان طور که در امواج آب نیروهای مولکولی برای هماهنگ کردن حرکت مولکول موثر هستند.

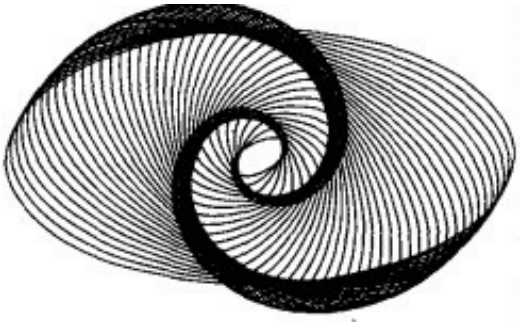
اگر آشفتگی وجود نداشته باشد ستاره ها در یک مسیر تقریبا دایره ای بدور مرکز کهکشان می گردند اگر نوعی آشفتگی وجود داشته باشد ستاره ها در یک مسیر تقریبا دایره ای به دور مرکز کهکشان می گردند اگر نوعی آشفتگی وجود داشته باشد ستاره قدری به خارج مسیر تعادل هل داده می شود. و حول مدار اصلی جلو وعقب می رود پس مدار یک ستاره یک بیضی انحراف مسیر داراست یعنی یک بیضی که می گردد.



البته گرانش این ستاره بر روی حرکت همسایگانش تاثیر دارد و آشفتگی موج اصلی، از یک مدار ستاره ای به دیگری منتقل می شود. اگر مدار ستارگان کاملا اتفاقی باشند موقعیت آنها مانند شکل زیر است.



ولی با فرض اینکه مدار ستارگان به طور اتفاقی مرتب نشده‌اند. فرض کنید که ارتباط دقیقی بین مدارها وجود دارد. هر مدار بیضی انحراف مسیر دار، تحت زاویه بخصوصی نسبت به همسایه اش کج می شود در آن صورت موقعیتی مانند شکل زیر به دست می آید.



در اشکال مارپیچی کالناجز زیر توجه کنید مشاهده می شود که نمونه مارپیچی در محل هایی که بیضی ها نزدیک بهم جمع شده اند ایجاد شده اند. البته ستارگان کهکشان در همه جا پراکنده شده اند. ولی با مدارهای بهم پیوسته. بعضی ستارگان گه گاه در امتداد بازوهای قوسی بهم نزدیک می شوند. بالاخره بازوی مارپیچی جاییست که مدارهای ستارگان در طولانی ترین فاصله بهم نزدیک هستند.

بالاآمدگی موقتی ستارگان اثر عمیقی بر گاز و غبار میان ستاره ای دارد. به علت وجود ستارگان زیاد، جاذبه گرانشی زیادی در تمام طول مارپیچی وجود دارد. این تقریبا اثری بر روی ستارگان سنگینی که به حرکت در امتداد مدارشان ادامه می دهند ندارد. ولی اتم های سبک و مولکول های محیط میان ستاره ای، به سهولت تحت تاثیر چاه گرانشی امتداد مارپیچی قرار می گیرند. این نوک موج چگالی را تشکیل می دهد.

امواج چگالی از میان مواد کهکشان با سرعت تقریبا ۳۰ کیلو متر بر ثانیه حرکت می کنند ولی گاز میان ستاره ای به تنهایی می تواند آشفتگی را با سرعت فقط ۱۰ کیلو متر بر ثانیه که سرعت صوت در محیط میان ستاره ای است حمل کند. بنابراین این موج چگال مافوق

صوت محسوب می شود. پس یک موج تکان دهنده در تمام طول لبه جلویی موج چگالی ایجاد می شود. امواج تکان دهنده با فشردگی ناگهانی محیطی که در آن حرکت می کنند مشخص می شوند. محیط میان ستاره ای با غرش .صوت کیهانی موج چگالی شدیدا فشرده می‌شود.

۱۱-۱ کشف مجموعه های کهکشانی:

کلایدنامبا حدود یک سال در رصدخانه فلاگ استاف آریزونا مشغول به کار شده بود که سیاره پلوتو را کشف کرد.

او عصر ۲۹ بهمن ۱۳۰۸ از مقایسه دو عکسی که یک ماه پیش گرفته بود، موفق به کشف سیاره جدیدی شد. کشف پلوتو، پیروزی بزرگی تامباو بود، این تنها کشف او نبود، تامباو چیزهای شگفت انگیزی دیگری هم در این عکس ها یافت.

او در رصدها عکس دیگری از آسمان گرفته بود هزاران جرم جدید یافت. ولی هیچ یک از آنها به اهمیت شمارش کهکشانها نبود. او با بررسی توزیع کهکشان ها مستقلا ابرخوشه ها را کشف کرد. ابرخوشه ها یا ابرمجموعه ها عبارتند از مجموعه بزرگی از چند مجموعه یا خوشه کهکشان. این کشف آغازگر دوره جدیدی در شناخت ساختار عالم بود، به همین دلیل تامباو در کنار ادوین هابل در کنار ممتازترین منجمان عصر محسوب می شود.

یک و نیم قرن پیش از تامباو، ویلیام هرشل کاشف سیاره اورانوس با دیدن سحابی بزرگ در تلسکوپ خود متعجب شد. این ابرهای درخشان و ناشناخته که در سراسر عالم پراکنده بودند واقعا اجرام عجیبی بودند. در سال ۱۱۵٤ ه.ش فیلسوفی به نام امانوئل کانت نظریه جدیدی را مطرح کرد. او معتقد بود که این سحابی ها جهان های جزیره مانندی هستند که هر یک به اندازه راه شیری عظمت دارند!!

هرشل ابتدا با نظریه کانت موافق بود ولی در سال ۱۱۷۰ ه.ش تغییر عقیده داد.

Do not copy

شناختی که ما اکنون از مجوعه های بزرگ ستاره ای یا همان کهکشان ها داریم همانطور که گفته شد در اوایل قرن بیستم میلادی در رصدخانه لاول آغاز شد.

پریسوال لاول به این سحابی ها مشکوک بود، او نیز خاطر نشان می داشت که این اجرام می توانند توده هایی باشند که در حال تشکیل منظومه های جدید سیاره ای باشند چرا که حالتی مارپیچی هم به خود گرفته بودند در سال ۱۲۹۱ ه.ش اندیشمند دیگری به نام وستواسلیفر در طیف سنجی که روی سحابی ها انجام داد و طیف سنجی قریب به چهل ساعت و حدود چهل رده طیفی را شامل می شد مشاهده کرد که تمامی این طیف ها گرایش به قرمز دارند، یعنی همان نتیجه و قانونی که هابل بعدها منادی آن شد زمزمه هایی از آن شنیده می شد. تا آنکه در سال ۱۳۰۱ ادوین هابل با تعیین فاصله آن ها با استفاده از تلسکوپ مونت ویلسون در کالیرفنیا اطلاعات جامع تری را بدست آورد در این خصوص همکار هابل شیپلی عنوان کرد برای آنکه این اجرام خاص از سحابی ها تفکیک شود خوب است نام کهکشان را روی آنها بگذاریم و همان داستان که در ابتدای بخش بدان اشاره شد.

۱۱-۱-۱ خوشه کهکشان ها:

در دهه ۱۳۱۰ و ۱۳۲۰ تعداد کهکشان های شناخته شده به سرعت افزایش یافت پس از آنکه تا پلوتو را کشف کرد. اخترشناسان پی بردند جرم این سیاره نو یافته کمتر از آن است که می پنداشتند پس لاجرم سوالاتی دیگر بوجود آمد، که آیا سیاراتی ماورای پلوتو انتظار ما را می کشند؟ و یا مجموعه سیاراتی مثل پلوتو وجود دارند؟ پس جستجو ادامه یافت پس تامباو در سال ۱۳۱۵ پس از فارغ التحصیلی به طور تمام وقت در لاول به پژوهش پرداخت و با بررسی دقیق یادداشت های خود در مورد کهکشان هایی که در عکس ها یافته بود، به تحقیق در مورد کهکشان های درخشانتر از قدر ۱۶ پرداخت. این تحقیق در ادامه کار شارل مسیه که ۱۱۰ جسم غیرستاره ای را در فهرست وارد کرده بود می باشد. که ویلیام هرشل این تعداد را به ۷۰۰۰ جرم ارتقا داد.

تامبـوا ایـن تعـداد را بـه ۲۹۵۴۸ رسـانید. چـون تصاویـر تامبـاو بـرای یافتـن سـیاره جدیـد بـود بـه منطقـه البـروج خلاصـه مـی شـد.

در سـال ۱۳۱۵ تامبـاو از مجمـوع عکـس هایـی کـه از منطقـه صـورت هـای فلکـی فـرس اعظـم، امـرة المسلسـله و برسـاووش گرفتـه شـده بـود اسـتفاده کـرد او متوجـه شـد کـه تعـداد کهکشـان هـا در نیمـه شـمالی مربـع بـزرگ فـرس اعظـم بـه میـزان زیـادی بیشـتر از نواحـی دیگـر اسـت. در ایـن منطقـه شـش درجـه مربعـی از آسـمان چگالـی کهکشـان هـا در حـدود دو برابـر مناطـق دیگـر بـود. در اوایـل کار ایـن موضـوع چنـدان مـورد توجـه قـرار نگرفـت ولـی بعدهـا متوجـه کشـف بـزرگ خـود شـد.

چیـزی کـه از شـمارش اجـرام غیـر سـتاره ای در عکـس هـا آشـکار شـده بـود منطقـه ای پـر ازکهکشـان بـود. ایـن منطقـه کـه از مربـع بـزرگ فـرس اعظـم شـروع مـی شـد. از آلفـای امـره المسلسـله مـی گـذرد و بخـش جنوبی و شـرقی منحنـی امـره المسلسـله را شـامل مـی شـود. تجمـع اصلـی ایـن خوشـه در صـورت فلکـی برسـاووش بـود. وسـعت ایـن خوشـه هـم یکـی از عللـی بـود کـه باعـث شـد تامبـاو متوجـه غیرعـادی بـودن آنچـه مـی بینیـد نشـود.

درخشـانترین کهکشـان ایـن گـروه از قـدر ۱۴ اسـت و وی مـی توانسـت کهکشـان هـای تـا قـدر ۱۷ را آشـکار کنـد نقطـه بزرگـی و عظمـت این خوشـه نبـود کـه غیرعـادی بـود بلکـه شـکل ظاهریـش هـم چنـدان عـادی نبـود ایـن خوشـه بـزرگ شـکلی بـه مثابـه «مـوز» داشـت.

وی در سـال ۱۳۱۶ خبـر ایـن کشـف را اعـلام کـرد تامبـاو در ایـن محـدوده حـدود ۱۸۰۰ کهکشـان شـمرده بـود و نوشـت کـه تـوده عظیمـی اسـت کـه انحنـا دارد و تـا حـدی شـبیه بـه کمـان اسـت طـول آن ۴۵ درجـه و عـرض آن از ۵ تـا ۱۰ درجـه اسـت. قسـمت اعظـم آن در بخـش جنـوب شـرقی صـورت فلکی امـره المسلسـله اسـت و بخـش هـای دیگـر آن در صـورت فلکـی مثلـث، شـمال حـوت و برسـاوش را شـامل مـی شـود. انتهـای شـرقی آن سـتاره متغیـر راس الغـول «B برسـاوش» اسـت.

Do not copy

ادوین هابل

ادوین هابل با تحقیقی مفصلی که درباره کهکشان ها به عمل آورد توانست فاصله آن ها را با استفاده از انتقال به قرمز طیفشان یدست آورد. به این ترتیب مکان قرار گرفتن کهکشان ها در فضا مشخص شد او این کار را با تلسکوپ ۱۰۰ اینچی رصدخانه مونت ویلسون انجام داد.

اگر چه این تلسکوپ توان رصد کردن اجرام بسیار کم نورتر را داشن اما نمی توانست منطقه وسیعی از آسمان را رصد کند هابل برای رفع این مشکل آسمان را به بخش هایی تقسیم کرد و عکس های زیادی از مناطق مختلف آن گرفت. نتیجه آن شد که کهکشان ها به طور متعارف توزیع شده اند. هابل از روی همین نتیجه به اصل کیهانشناختی پی برد که بیان می کند. یکنواختی کهکشان ها که ما شاهد آن هستیم نشان دهنده ساختار واقعی جهان است هابل دریافت در مقیاسهای نسبتا کوچک مثلا در صورت های فلکی گیسو و سنبله توزیع کهکشان ها به وضوح ناهمگون است، بنابراین او به جای بررسی کهکشان ها، خوشه کهکشان ها را بررسی کرد. و یکنواختی را در خوشه کهکشان جستجو می کرد.

او معتقد بود که اصل کیهانشناختی در سطحی بالاتر از خوشه کهکشان ها مصداق دارد. اما تامباو با او موافق نبود.

در نیمه دوم دهه ۱۳۲۰ اخترشناسان در رصدخانه های لیک و مونت پالومار از کل آسمان عکس گرفتند و از روی آن نقشه هایی تهیه کردند که بزرگترین نقشه آن دوران بود. جورج ایبل فهرستی از ۱۷۱۲ خوشه کهکشانی را ارائه داد و در رساله ای که به عنوان رساله دکتری ارائه داد ثابت کرد که خوشه های کهکشانی به طور اتفاقی در فضا گسترده نشده اند. و در درون خوشه بزرگتری به نام ابرخوشه متمرکز هستند.

این همان نکته ای است که تامباو در حدود ۱۳ سال قبل در مقابل نظریه هابل ارائه داده بود. قطر میانگین این ابرخوشه حدود ۳۰۰ میلیون سال نوری است. اگر چه ممکن است که اصل کیهانشناختی

در سطح ابرخوشه ها درست باشد اما در درون ابرخوشه ها در مقیاس های کوچکتر ناهمگونی به وضوح رویت می شود.

آنچه هابل کشف کرده بود اکنون ابرخوشه حوت برساوش نامیده می شود، کهکشان ما عضو خوشه ای است به نام گروه محلی و این خوشه در برابر خوشه ای قرار گرفته که شامل خوشه سنبله هم می شود و ابرخوشه محلی گفته می شود.

این دیدگاه بزرگ مقیاس، بسیار سوال برانگیز است، آیا ابرخوشه ها هم در مجموعه بزرگتری متمرکز شده اند؟ و آن ها هم به همین گونه؟

تا چه مقیاسی می توان جهان را همگن فرض کرد.

اصل کیهانشناختی یعنی اینکه توزیع کهکشان ها در عالم همگن است این امکان را به منجمان می دهد که به پی بردن به هر تغییری در تعداد کهکشان ها نشان دهند که آنها به نحوی تغییر کرده اند.

اگر همه کهکشان ها درخشندگی یکسانی داشته باشند چون فاصله های مختلف قرار دارد روشنائی یکسانی نخواهد داشت. نور هر جسم متناسب با عکس مجذور فاصله اش ضعیف می شود. بنابراین کهکشانی که فاصله اش دو برابر یک کهکشان دیگر است چهار مرتبه از آن کم نورتز خواهد بود.

اما با افزایش فاصله در حالی که کهکشان ها کم نورتر به نظر می رسند. چون حجم فضای مورد مشاهده افزایش می یابد. تعداد کهکشان هایی که در یک محدوده آسمان دیده می شود زیاد می شود. اگر پراکندگی کهکشان هایی که درخشندگی یکسانی دارند نسبت به فاصله یکنواخت باشد تعداد کهکشان هایی که از قدر ظاهری ۱۰ هستند، چهار برابر تعداد کهکشان هایی دیده شده از قدر ۹ خواهد بود. یک تحلیل دقیق نشان می دهد که کهکشان ها با درخشندگی متفاوت تعدادشان نسبت به فاصله به همین نحو تغییر می کند. شمارش های شیپلی هر دو نشان می دهند که پراکندگی کهکشان ها نه فقط در سراسر

Do not copy

آسمان بلکه نسبت به فاصله هم یکنواخت است این موضوع فرض مدل های کیهان شناسی را که جهان یکنواخت است را تقویت می کند. اما توجه به این نکته ضروری است که شمارش های هابل و شیپلی صرفا کهکشان های نزدیک و روشن را شامل می شود و تا لبه های جهان ادامه نمی یافت.

هنگام مشاهده و بررسی کهکشان های دور، اثرات کیهانشناختی اهمیت پیدا می کنند در واقع این اثرات مثل یک شمشیر دو دم هستند، در حالی که به کمک آنها می توان از شمارش کهکشان ها در بررسی مدل های کیهانشناختی استفاده کرد، هم زمان، تعبیر و تفسیر این شمارش ها را نیز دشوار می کند. برای مثال تغییر در تعداد کهکشان ها نسبت به فاصله در یک جهان مسطح که هندسه سه بعدی معمولی دارد با یک جهان خمیده یا غیر اقلیدسی متفاوت است.

در جهان عیر اقلیدسی، سه بعد فضا بر هم عمود نیستند. گرانش ماده موجود در چنین جهانی فضای اطرافش را درست مثل یک سیاهچاله تغییر شکل می دهد. جهان، نسبت به جرمش می تواند مسطح، باز یا بسته باشد. یک جهان باز تا ابد انبساط خواهد یافت، در حالیکه یک جهان بسته سرانجام انبساطش متوقف می شود و روی خودش می رمبد.

در یک جهان مسطح هر چه محدوده قدر بالاتر رود، تعداد کهکشان ها چهار برابر زیادتر می شود، اما در جهان باز به دلیل انحنای فضا، تعداد کهکشان ها سریعتر زیاد می شوند، در یک جهان بسته انحنای فضا سبب می شود که افزایش تعدا کهکشان ها بسیار کندتر باشد.

اخترشناسان براساس شمارش هایی که اخیرا تا قدر ۲۴ انجام داده اند. دریافته اند که تعداد کهکشان ها در ازای افزایش یک واحد قدر، چهار برابر نمی شود. بلکه سه برابر می شود، اما این بدان معنی نیست که لاجرم فضا بسته است. در واقع آنچه که مشاهده می کنیم نتیجه ترکسیب اثرات سیر تحول کهکشان ها یا اثرات ناشی از انحنای

جهـان اسـت.

در ابتـدا جداکـردن تغییـرات ناشـی از تحـول کهکشـانی ا زآنهایـی کـه ناشـی از سـاختار جهـان هسـتند تقریبـا غیـر ممکـن بود. تـا اینکـه سـرکار خانـم دکتـر تینسـلی نشـان داد عامـل مهمـی کـه تعـداد کهکشـان هـای کـم نـور را کنتـرل مـی کنـد تحـول خـود کهکشـان هـا اسـت، نـه فاکتورهـای کیهانشـناختی کـه هندسـه جهـان را توصیـف مـی کنـد.

انحرافاتـی کـه بـه دلیـل انحنـای جهـان در شـمارش کهکشـان هـا بـه وجـود مـی آیـد، کوچـک هسـتند امـا تحـول مـی توانـد بـه طـور وسـیعی در مشـاهده کهکشـان هـای دور و در نتیجـه بـر تعـداد آنهـا تاثیـر بگـذارد.

دو نـوع تحـول در کهکشـان هـا مهـم هسـتند: نخسـت در یـک کهکشـان هـر چـه سـتاره هـای روشـن بیشـتری بـه پایـان زندگیشـان مـی رسـند، جمعیـت سـتاره ای اولیـه کـم نورتـر مـی شـود. دومیـن تحـول ناشـی از تغییـر در آهنـگ شـکل گیـری سـتاره هـای جدیـد اسـت، معمـولا آهنـگ شـکل گیـری سـتاره هـا بـه مـرور زمـان کاهـش مـی یابـد، امـا جداسـازی اثـرات تحـول و انحنـا کار آسـانی نیسـت.

۱۱-۱-۲ نگاهی به کهکشان های دور:

بیشـتر کهکشـان هـا بـر اثـر انبسـاط جهـان در حـال دور شـدن از مـا هسـتند همـان طـور کـه هابـل نشـان داد، انبسـاط جهـان باعـث مـی شـود کـه طیـف یـک کهکشـان متناسـب بـا فاصلـه اش بـه سـمت قرمـز جابجـا مـی شـود. بنابرایـن کهکشـان هـای دور نسـبت بـه کهکشـان هـای نزدیـک قرمزگرائـی بیشـتری نشـان مـی دهنـد.

قرمزگرایـی، در روشـنایی کهکشـان مشـکلی را بـه وجـود مـی آورد. اخترشناسـان بـرای انـدازه گیـری روشـنائی یـک کهکشـان نـور آن را در یـک طـول مـوج مشـخص مثـلا آبـی، انـدازه مـی گیرنـد، ایـن روش بـرای کهکشـان هـای نزدیـک خـوب اسـت امـا بـرای یـک کهکشـان دور ایـن طـور نیسـت در واقـع نـور آبـی یـک کهکشـان دور بـه سـمت قسـمت سـبز یـا زرد طیفـش جابجـا مـی شـود.

Do not copy

به همین ترتیب آنچه را که اخترشناسان در نور آبی می بینند، این کهکشان در اصل به صورت فرابنفش گسیل کرده است، چون ستاره های یک کهکشان هم نور آبی هم نور فرابنفش گسیل می کنند، اخترشناسان باید در روشنائی اندازه گیری شده این کهکشان تصحیحاتی را اعمال کنند.

دومین اثر مشاهده ای، به خود درخشندگی کهکشان مربوط می شود. در فواصل دور کهکشان های درخشان نسبت به کهکشان های کم نور آسانتر دیده می شوند، بنابراین فاکتورهای کیهانشناختی بر کهکشان های درخشان بیشتر تاثیر می گذارد، در نتیجه علاوه بر اینکه شمارش کهکشان ها در درخشندگی های مختلف متفاوت است نحوه تغییرات آن هم نسبت به فواصل یکسان نخواهد بود. بنابراین برای آنکه تعداد کل کهکشان ها را بدست آوریم نمی توان شمارش هایی را که از کهکشان ها در درخشندگی متفاوت بدست آورد آنها را با هم جمع کرد.

۱۱-۱-۳ شمارش بیشتر کهکشان ها:

بنابر مدل های جمعیت کهکشانی که اثرات کیهانشناختی را در نظر دارند، تغییر در تعدا کهکشان ها نسبت به فاصله، حتی از مرتبه ۳ نیست، این ایجاب می کند که در قدرهای بالاتر، تعداد کهکشان های آشکار شده بیشتر از انتظار باشد، با ظهور ابزارهای الکترونیکی پیشرفته CCD وضع از این هم بدتر می شود.

مثلا در رصدخانه ملی کیت پیک شمارش ها را تا قدر ۲۷ یا ۲۸ گسترش دادند، محدوده ای از آسمان به ابعاد ۳/۵ تا ۵/۵ دقیقه قوسی را مورد بررسی قرار گرفت در این تصاویر ۳۰۰۰ کهکشان مشاهده می شد اگر به همین روش برای یک درجه مربعی آسمان کاوش صورت پذیرد، بیش از نیم میلیون کهکشان خواهد بود.

این رصدها نشان داد پیش گویی های مدل ها درباره تعداد کهکشان ها ارائه می شود با رصد تفاوت زیادی دارد، رصدها نشان

مـی دهـد کـه در ازای هـر یـک واحـد افزایـش قـدر، تعـداد کهکشـان هـا از مرتبـه ۳ زیـاد مـی شـود. در حالیکـه مـدل هـا افزایـش در تعـداد کهکشـان هـا را بسـیار کندتـر از ایـن پیـش بینـی مـی کننـد. بـا ایـن حـال بـدون شـک کهکشـان هـا تحـول مـی یابنـد عوامـل متعـددی ممکـن اسـت بتوانـد مـا را در سـازگاری مشـاهدات بـا پیـش گوئـی هـا یـاری دهنـد.

۱- مشـاهدات کنونـی صرفـا انـواع مشـخصی از کهکشـان هـا را آشـکار کـرده باشـد مثـلا کهکشـان هائـی کـه در آن سـتارگان در حـال تکویـن هسـتند درخشـندگی بیشـتری دارنـد پـس ممکـن اسـت کهکشـان هـای عـادی دیـده نشـده باشـند. و اگـر انفجـارات سـتاره ای مـدت هـا پیـش اتفـاق افتـاده باشـد بسـیاری از کهکشـان هـای کـم نـور از ایـن نـوع خواهنـد بـود.

۲- اثـرات کیهـان شـناختی و تحـولات کهکشـانی، اخترشناسـان را از اسـتفاده از ایـن شـمارش هـا بـرای تعییـن انحنـای جهـان بـاز مـی دارد. پـس لاجـرم بـا رصدهـای بیشـتر خوشـه هـای دور بـا تلسـکوپ فضائـی هابـل، مشـخص خواهـد کـرد کـه برخوردهـا و بـه هـم پیوسـتن کهکشـان هـا تـا چـه در ایـن امـر اهمیـت دارد.

بـه هـر حـال شـمارش بیـش از پیـش کهکشـان هـا روزی سـاختار بـزرگ مقیـاس عالـم را مشـخص خواهـد کـرد.

Do not copy

فصل دوازدهم

ماده تاریک

Do not copy

۱-۱۲ ماده روشن:

ماده روشن در کیهانشناسی به اجرامی گفته می شود که بتوان با آشکارسازی امواج الکترومغناطیسی که از طرف جرم گسیل می شود به وجود آن پی برد.

اولین تخمین $\Omega_{M_\odot}$ که شاخص وجود ماده است، می تواند از طریق اندازه گیری های تابندگی یا پارامتر $\gamma = \frac{M/L}{M_\odot/L_\odot}$ بدست بیاید. M و L به ترتیب نماینده جرم و تابندگی و $M_\odot$ و $L_\odot$ جرم و تابندگی خورشید را نشان می دهند. میانگین چگالی تابندگی کیهان بر طبق اندازه گیری های انجام شده برابر

$$L_B = (۲ + ۰.۲)h \times ۱۰^۸ L_\odot c^{-۲} \qquad ۱-۱۲$$

که در آن B نماینده طول موج آبی استاندارد است. با ضرب کردن γ در L_B می توان چگالی کیهان را به دست آورد. ضریب γ برای اینکه چگالی کیهان برابر چگالی بحرانی باشد برابر است با:

$$\gamma_{crit} = (۱۳۹۰ \pm ۱٤۰)h \qquad ۲-۱۲$$

برای توضیح عبارت فوق باید خاطر نشان کرد که در مدل های کیهانشناسی بعد از ابطال مدل اینشتین که مدلی ایستا و بسته بود و کارهای تجربی هابل و اثبات نا ایستا بودن عالم منجر بدان شد که

فریدمن مدلی دیگر را ارائه کند که در این مدل مبانی نسبیت عام مورد پذیرش بود، فریدمن در ارائه مدل خود نسبتی به نام Ω را معرفی می کند.

$$\Omega = \frac{\text{چگالی فعلی عالم}}{\text{چگالی بحرانی}} \qquad ۳-۱۲$$

را نشان میدهد.

و طبق نظریه Ω =۱ بودن یعنی چگالی فعلی عالم برابر چگالی بحرانی است. پس کیهان حالت تخت دارد.

اگر Ω <۱ باشد یعنی چگالی عالم فعلی، از چگالی بحرانی بیشتر می باشد جهان، جهانی بسته است

اگر Ω >۱ باشد پس چگالی فعلی عالم از چگالی بحرانی کمتر، لاجرم جهان، جهانی باز خواهد بود، پس در عبارت فوق ذکر شده است.

$\Omega_{M_\odot}$ اولین تخمین شاخص وجود ماده است را می توان از طریق اندازه گیری تابندگی با پارامتر $\gamma = \frac{M/L}{M_\odot/L_\odot}$ به دست بیاید. با این تفسیر می توان گفت که γ تعداد ماده را نشان می دهد، با ضرب این تعداد ستاره در چگالی تابندگی چگالی ماده روشن بدست می آید. که در این جریان مقدار چگالی تابندگی کیهان بر طبق اندازه گیری های انجام شده همان طور که گفته شد

$$L_B = (۲ + ۰.۲)h \times ۱۰^{۸} L_\odot c^{-۲}$$

می باشد که در آن شاخص B نماینده طول موج آبی استاندارد است یا ضرب کردن γ در L_B چگالی ماده روشن کیهان بدست می آید. اگر ضریب γ برای اینکه چگالی کیهان برابر چگالی بحرانی باشد

$$\gamma_{crit} = (۱۳۹۰ \pm ۱۴۰)h$$

Do not copy

برای اندازه گیری γ عالم می توان از تابندگی ستاره ها و گرد و غبار میان ستاره ای استفاده کرد. طبق اندازه گیری های بنیامین[۲۲] انال[۲۳] برای ستاره های اطراف خورشید میزان $r_{lun} = ۲.۲$ به دست آمده است. با استفاده از میانگین چگالی تابندگی ستاره ها می توان چگالی ستاره های اطراف خورشید را بدست آورد.

$$r_{lun} = ۲.۲ \Rightarrow \rho_{lun} = ۰.۰۸ M_{\odot} pc^{-۳} \qquad ٤-۱۲$$

در مجموع سهم ماده روشن در کل عالم برابر ٤.. /. می باشد. نظر به نتیجه تئوری مدل تورمی که Ω عالم را از مرتبه یک به دست می آورد. می توان نتیجه گرفت که تنها یک درصد از ماده موجود در عالم روشن است.

تبصره:

اینشتین با ارائه دو نظریه نسبیت خاص و نسبیت عام انقلابی در فیزیک معاصر به وجود آورد که نسبیت عام در سرعت های نزدیک به سرعت نور و نسبیت خاص در ارتباط با هندسه عالم با جرم بود، در نسبیت عام اینشتین اثبات می کند که هندسه عالم (فضا-زمان) ارتباط با جرم دارد و با مفاهیمی منحنی می شود، و این انحنا می تواند باز یا بسته یا تخت باشد. بنابر استدلال اینشتین بنا بر جرمی که تا حدود سال ۱۹۱۵ برای عالم بدست آورده بودند، می بایست جهان، بسته و ایستا باشد. ادوین هابل با رصد کهکشان ها و طیف آنها و اثبات اینکه همه کهکشان ها در طیفشان گرایش به سرخ وجود دارد ایده انبساط کیهان با ریتم

$$V = Hd \qquad ٥-۱۲$$

را مطرح کرد که در آن v سرعت وارد کهکشان ها و H ثابت هابل و d فاصله کهکشان ها تا خورشید را نشان می دهد. با ارائه شهود تجربی هابل، مدل اینشتین باطل شد چون هابل به جهانی غیرایستا

۲۲- Benyamin

۲۳- anal

حکم می کرد. بعد از اینشتین فریدمن با ارائه مدلی که در این مدل چگالی عالم براساس دو چگالی، یکی چگالی عالم فعلی و دیگری چگالی بحرانی، تعریف می شد.

چگالی بحرانی چیست؟

اگر به علت انبساط عالم انرژی جنبشی موجود در آن را برابر $\frac{۱}{۲}mv_{\odot}^{۲}$

مثلا درحال حاضر و انرژی پتانسیل گرانشی ناشی از جرم های دورن $R_{\odot}$

$$E=\frac{۱}{۲}mv^{۲}-\frac{GM_{\cdot}M}{R_{\cdot}}=\frac{۱}{۲}mv^{۲}-\frac{GM_{m}}{R}$$

$$E=\frac{۱}{۲}mv^{۲}-\frac{GM_{\cdot}M}{R_{\cdot}}$$

با توجه به بقای انرژی

$$E=\frac{۱}{۲}mv^{۲}-\frac{GM_{\cdot}M}{R_{\cdot}}=\frac{۱}{۲}mv^{۲}-\frac{GM_{m}}{R}$$

با افزایش ابعاد جهان رفته رفته R خیلی بزرگتر از $R_{\cdot}$ می شود، پس از $\frac{GM_{\cdot}M}{R_{\cdot}}$ قابل صرفنظر کردن است $R\gg R$

$$\frac{۱}{۲}m_{\cdot}v_{\cdot}^{۲}-\frac{GM_{\cdot}M}{R_{\cdot}}=\frac{۱}{۲}m_{\cdot}v^{۲}\Rightarrow v^{۲}=v_{\cdot}^{۲}-\frac{۲GM}{R_{\cdot}}$$

$$M_{\cdot}=\frac{۴}{۳}\pi R_{\cdot}^{۳}\rho_{\cdot}\Rightarrow v^{۲}=v_{\cdot}^{۲}-\frac{۲G}{R}(\frac{۴}{۳}R^{۳}\rho)$$

$$v^{۲}=v_{\cdot}^{۲}-\frac{۸G\pi}{۳}\rho_{\cdot}R_{\cdot}^{۲}\Rightarrow v^{۲}=v_{\cdot}^{۲}(۱-\frac{R_{\cdot}^{۲}\rho_{\cdot}۸\pi G}{۳v_{\cdot}^{۲}})$$

براساس نتیجه

$$v^{۲}=v_{\cdot}^{۲}(۱-\frac{R_{\cdot}^{۲}\rho_{\cdot}۸\pi G}{۳H^{۲}R_{\cdot}^{۲}})\Rightarrow v^{۲}=v_{\cdot}^{۲}(۱-\frac{\rho_{\cdot}}{۳H^{۲}/۸\pi G}) \qquad ۶-۱۲$$

$$\rho_{c}=\frac{۳H^{۲}}{۸\pi G} \qquad ۷-۱۲$$

Do not copy

بنابراین ρ_c چگالی بحرانی می نامند.

حال در این صورت

$$V^2 = v_0(1 - \frac{\rho_0}{\rho_c}) \qquad ۸-۱۲$$

اگر $\rho_0 = \rho_c$ باشد پس $\frac{\rho_0}{\rho_c} = 1$ است. بنابراین جهان تخت خواهد بود و سرعت انبساط تغییر نکرده، پس متوقف نمی شود.

بدون شتاب

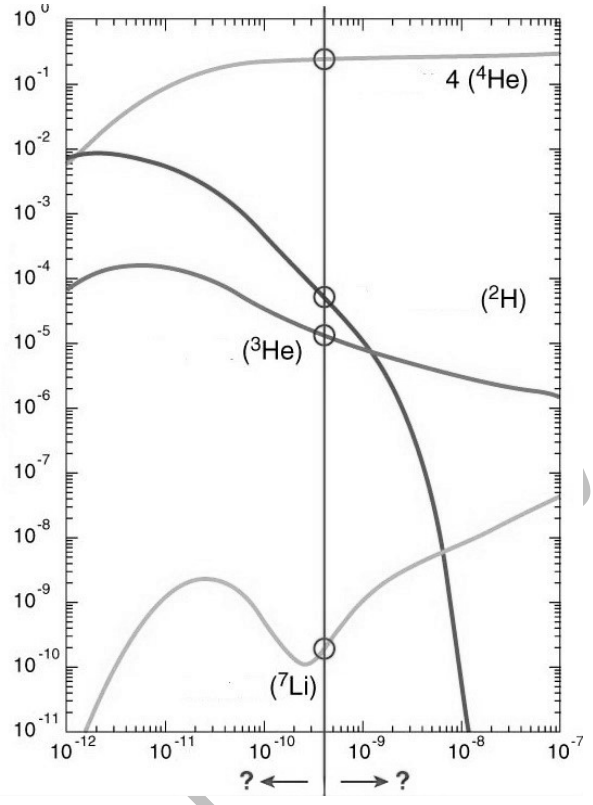
اگر $\frac{\rho_0}{\rho_c} > 1$ باشد جهان ناپایدار بوده و زمانی انقباض خواهد یافت و جهان بستخواهد شد و شتاب کاهنده خواهد بود

اگر $\frac{\rho_0}{\rho_c} < 1$ باشد جهان تا ابد به انبساط خود ادامه خواهد دارد و جهان باز خواهد بود و انبساط با شتاب افزاینده ای خواهد بود

اکنون مقدار ماده روشن بدست آمده را با ماده باریونی که از روش های دیگر نیز به دست می آید مقایسه می کنیم.

مقدار میانگین ماده باریونی موجود در عالم را می توان از طریق تئوری سنتز هسته ای در ابتدای عالم تعیین کرد.

در این تئوری درصد عناصر سبک سنتز شده در عالم اولیه نظیر He^3, He^4, Li^7 و D ، با چگالی کل ماده باریونی رابطه ای مطابق شکل ۱-۱۲ دارد.



شکل ۱۲-۱

با استفاده از تئوری سنتز هسته ای، سهم ماده باریونی در چگالی کل عالم به صورت زیر بدست می آید.

$$\Omega_B h^2 = ۰.۰۲ \qquad ۹-۱۲$$

$$\Omega_B h^2 = ۰.۰۱۹۳ \pm ۰.۰۰۱٤ \qquad ۱۰-۱۲$$

با مقایسه مقدار Ω_B با مقدار بدست آمده برای ماده روشن $\Omega_{lum} = ۰.۰۰٤$ می توان نتیجه گرفت که میزان ماده باریونی به مراتب بیش از ماده روشن است.

۱۲-۲ ماده تاریک در همسایگی خورشید:

وجود ماده تاریک در اطراف خورشید برای اولین بار توسط

اورت۱۹۳۲ میلادی (۱۳۱۱ ه.ش) مطرح شدو اساس کار او مقایسه دینامیک حاصل از ستاره ها و گازهای موجود از یک طرف با جرم مشاهده شده و از سوی دیگر بود.

میزان چگالی کهکشان ها در اطراف خورشید بدین روش توسط بنیامین و باهکل برابر $\rho_{\odot} = .۱۸۵ \pm .۲M_{\odot}pc^{-۳}$ بدست آمده است. و آنچه مشاهده می شود برابر $\Omega = ۰.۰۰۲\hbar$ می باشد.

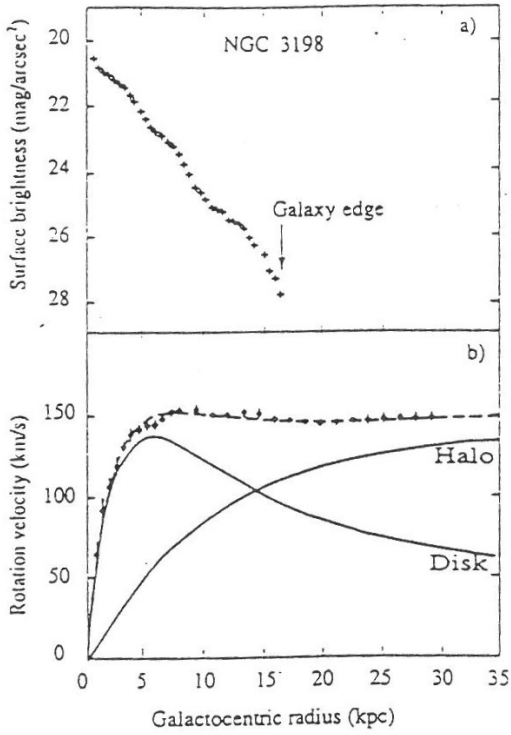
۱۲-۳ ماده تاریک در کهکشان های مارپیچ:

واضح ترین دلیل برای وجود ماده تاریک در کهکشان های مارپیچ مطالعه سرعت کپلری ستاره ها $\nu(r)$ حول مرکز کهکشان می باشد و تقریبا تمامی ستا ره ها، گازها و گردو غبارهایی که در جرم روشن کهکشان سهم دارند کوچکتر از شعاع نورانی r_{vis} قرار گرفته اند. با فرض تشکیل تمامی جرم کهکشان از ماده روشن برای شعاع های بزرگتر از r_{vis} سرعت دوران اجرام بر طبق مکانیک نیوتونی به صورت زیر بدست می آید.

$$\frac{V^{۲}(r)}{r} \cong \frac{GM_{vis}}{r^{۲}} \qquad ۱۱-۱۲$$

به طوری که M_{vis} جرم روشن تا شعاع r_{vis} می باشد. با فرض تشکیل تمامی جرم کهکشان از جرم روشن، سرعت دوران کپلری برای $r > r_{vis}$ می بایست به صورت $U = r^{-\frac{۱}{۲}}$ تغییر بکند. اما آنچه که رصد کهکشان های مارپیچ نشان می دهد برخلاف نتیجه پیش بینی شده است در کهکشان های مارپیچی با وجود غیر قابل رصد بودن ستاره ها در $r > r_{vis}$ می توان از رصد تابش ۲۱ سانتی متری هیدروژن خنثی برای اندازه گیری کردن سرعت کپلری استفاده کرد.

در شکل زیر چنانچه مشاهده می شود در کهکشان $NGC_{۳۱۱۹۸}$ در فواصل دورتر از قسمت روشن کهکشان، سرعت کپلری گاز حول کهکشان ثابت می ماند که این مساله دلیلی بر وجود ماده تاریک است.



در ایـــن نمـــودار محـــور افقـــی فاصلـــه از مرکـــز کهکشـــان برحســـب کیلوپارسـک و محـور عمـودی بـه ترتیـب از بـالا درخشـندگی سـطح کهکشـان و سـرعت دوران را نشـان مـی دهـد. دیـده مـی شـود کـه بـا وجـود کاهـش درخشـــندگی ســـطح در فواصـــل دورتـــر از مرکـــز کهکشـــان ســـرعت دوران کهکشـــان ثابـــت مـــی مانـــد.

بـــا فـــرض یـــک هالـــه بـــرای کهکشـــان، بـــرای توجیـــه نتایـــج رصـــدی ســـرعت کپلـــری مـــی تـــوان نتیجـــه گرفـــت $p \propto \frac{۱}{r^۲}$ مـــی توانـــد باشـــد. بـــرای توزیـــع چگالـــی غیـــر تکیـــن هالـــه در نقطـــه $p(r), r = ۰$ توزیـــع چگالـــی بـــه صـــورت زیـــر داده مـــی شـــود.

$$\rho = \rho_{\odot} \frac{R_e^۲ + R_{\odot}^۲}{R_e^۲ + R^۲} \qquad ۱۲-۱۲$$

رصـــد ســـرعت کپلـــری دهھـــا کهکشـــان مارپیچـــی وجـــود مـــاده تاریـــک را بدیـــن صـــورت تاییـــد مـــی کنـــد بـــا محاســـبه جـــرم هالـــه کهکشـــان دیـــده

می‌شود که سهم عمده جرم کهکشان را هاله کهکشان تشکیل میدهد. بنابراین با فرض هاله برای کهکشان ، مقدارr به صورت زیر بدست می آید.

$$r_{halo} > ۳۰h \Rightarrow \Omega_{halo} > ۰.۰۲h^{-۱} \qquad ۱۳-۱۲$$

۱۲-٤ ماده تاریک در خوشه های کهکشانی:

در مقیاس های بزرگ مانند خوشه های کهکشانی، روش تخمین ماده تاریک به اندازه داخل کهکشان دقیق نیست. ولی در این مقایسه‌ها سهم ماده تاریک بسیار مهم تر از مقیاس های کوچک مانند درون کهکشان است.

از نظر تاریخی برای اولین بار زویکی میزان ماده تاریک را در سال ۱۹۳۳ به روش اندازه گیری سرعت پخش کهکشان ها در خوشه کهکشانی Coma اندازه گیری کرد. سرعت پخش با توجه به قضیه ویریال می تواند جرم تقریبی موجود در خوشه کهکشانی را بدست بدهد. بر طبق اندازه گیری های ایشان $r = ۳۰۰h$ و یا $\Omega = ۰.۲$ به دست آمد. قسمت اعظم ماده باریونی در خوشه های کهکشانی به صورت گازهای گرم است که فضای بین کهکشان ها را پر کرده است و به روش تابش ترمزی تولید اشعه x می کند.

اگر f_{gos} نسبت ماده باریونی به ماده کل خوشه کهکشانی باشد در این صورت می توان نتیجه گرفت:

$$f_{gos} = \frac{M_{bayonic}}{M_{total}} \qquad ۱٤-۱۲$$

$$\Omega_{total} = \frac{\Omega_{bayonic}}{f_{gos}}$$

میزان کلی جرم کهکشان و پارامتر f_{gos} به طریق رصدی می تواند به روش زیر اندازه گیری شود

۱- استفاده از روش زویکی: در این روش فرض می کنیم گاز درون

خوشه کهکشانی در تعادل هیدروستاتیکی است پس با استفاده از مکانیک نیوتونی توزیع ماده را می توان حساب کرد از طرف دیگر با استفاده از رصد تابش اشعه X می توان ماده باریونی را اندازه گیری نمود که در نتیجه f_{gos} بدست می آید.

تبصره: قضیه ویریال:

این قضیه، ارتباط سودمندی بین انرژی درونی یک ستاره u و انرژی گرانشی آن Ω را فراهم می آورد. رابطه مشابهی برای یک سیستم ستاره ای خود گرانشی صادق است.

انرژی گرمایی با درونی یک ستاره در حالت تعادل عبارت است از:

$$U = \int_{0}^{R} \frac{3}{2} \frac{kT}{m} \rho 4\pi r^2 dr \qquad ۱۲-۱۵$$

که در آنm جرم متوسط ذرات است. انرژی پتانسیل گرانشی یک ستاره با رابطه..

$$\Omega = -\int_{0}^{M} \frac{GM}{r} dM \qquad ۱۲-۱۶$$

داده می شود که در آن M جرم واق در درون کره ای به شعاع r است.

معادله تعادل هیدروستاتیکی را در نظر می گیریم

$$\frac{d}{dM}\left(4\pi r^3 p\right) = 12\pi p r^2 \frac{dr}{dM} - \frac{GM}{r} \qquad ۱۲-۱۷$$

بازنویسی می کنیم.انتگرال گیری از این معادله از مرکز تا سطح ستاره نتیجه می دهد:

$$4\pi r^3 p = \int_{0}^{M} \frac{3p}{\rho} dM - \int_{0}^{M} \frac{GMdm}{r} = 0 \qquad ۱۲-۱۸$$

توجه کنید که مقدار $r^3 p$ هم در مرکز و هم در سطح ستاره صفر است برای یک گاز غیرنسبیتی .....انرژی گرمایی در واحد جرم است

Do not copy

بنابراین انتگرال اول در معادله فوق برابر ۲u است از این رو:

$$2U + \Omega = 0 \qquad 19\text{-}12$$

این معادله به عنوان قضیه ویریال شناخته می شود و برحسب انرژی کل یعنی S_v به صورت $E + U = 0$ یا $E = -U = \frac{1}{2}\Omega$ نوشته می‌شود.

حکم اینکه انرژی پتانسیل گرانشی کل سیستم کهکشان های درون خوشه کهکشانی برابر است یا دو برابر انرژی جنبشی کل کهکشان های یک خوشه پس یعنی می توان با داشتن انرژی جنبشی کل کهکشان های یک خوشه پتانسیل گرانشی کل خوشه را تخمین زد و آشکارا مشخص است که با توجه به انرژی جنبشی کهکشان ها مقدار پتانسیل گرانشی باید بسیار بیشتر از آن باشد که برآورد شده و مشاهده شده است. پس مقداری جرم در این راستا در نظر گرفته شده که همان ماده تاریک است.

۲- استفاده از همگرایی گرانشی نور اختروش ها توسط خوشه کهکشانی به عنوان عدسی گرانشی می تواند جرم خوشه را نتیجه بدهد.

۳- استفاده از اثر سینیا-زل دویچ: این اثر در حقیقت پراکندگی معکوس کامپتون است بدین صورت که فوتون های تابش زمینه ای کیهان CMB در حین عبور از خوشه کهکشانی با الکترون های گرم پراکندگی عکس کامپتون انجام داده بنابراین یک نوع تغییر در طیف تابش زمینه ای کیهان بوجود می آید. پس میزان f_{gos} را با استفاده از مطالعه اشعه X تابیده شده از ۴۵ خوشه کهکشانی $f_{gos} = (0.07 \pm 0.002)h^{-3/2}$ حساب کردند و برای میزان Ω نیز مقدار زیر را به دست آوردند.

۱۲-۵ ماده تاریک در ساختارهای بزرگتر:

در مقیاس های بزرگ کیهانی ($100 MPc \gg$) برای محاسبه Ω_m روش

سـرعت خاصـه[۲٤] مـورد اسـتفاده قـرار مـی گیـرد.

در ایـن روش بـا مطالعـه سـرعت شـعاعی کهکشـان هـا مـی توان سـرعت خاصـه آنهـا را حسـاب کـرد. در چهارچـوب مکانیـک نیوتونـی سـرعت خاصـه مـی توانـد تبایـن چگالـی را نتیجـه بدهد.

اندازه گیری های Ω با این روش نشان می دهد که:

$$\Omega_{M_{\cdot}} > (۰.۳ \pm ۰.۰۰۵)h^{-۱} \qquad ۲۰-۱۲$$

روش دیگـر بـرای انـدازه گیـری Ω در مقیـاس هـای بـزرگ کیهانـی اسـتفاده از ابرنواخترهـای نـوع I_α اسـت. ایـن ابرنواخترهـا، کوتولـه سـفیدی هسـتند کـه در اثـر برافزایـش مـاده از طـرف سـتاره همـدم جـرم خـود را تـا حـدی زیـاد مـی کننـد کـه بـه حـدی زیـاد مـی کننـد کـه بـه حـد بحرانـی بـرای انفجـار ابرنواختـری برسـد. ایـن گونـه ابرنواخترهـا مـی تواننـد بـه عنـوان یـک شـمع در انـدازه گیـری فواصـل کیهانـی اسـتفاده شـوند. بـه عبـارت دیگـر شـدت تابندگـی بیشـینه بـرای تمامـی ابرنواخترهـای نـوع I_α یکسـان اسـت. رابطـه بیـن قـدر ظاهـری m و قـدر مطلـقM را برحسـب $Z, H_{\cdot}, \Omega_M, \Omega_\lambda$ مـی تـوان بـه صـورت زیـر نوشـت.

$$m - M = -۵\log[H_{\cdot} d_z(z, \Omega_\lambda, \Omega_M, H_{\cdot})] \qquad ۲۱-۱۲$$

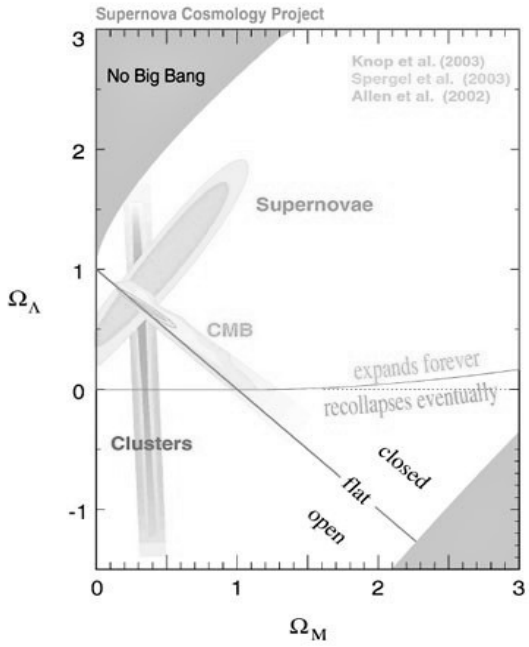
بـه طـوری که d_z فاصلـه نـوری مـی باشـد. تابندگـی ظاهـری ابرنواختـر نـوع I_α تابعـی از فاصلـه z و $q = \frac{۱}{۲}\Omega_M - \Omega_\lambda$ مـی باشـد. بنابرایـن بـا اسـتفاده از داده هـای رصـدی مـی تـوان یـک حـد بـر روی $-٤.۳\Omega_M - \Omega_\lambda$ گذاشـت. گـروه SCP[۲۵] ، بـا مطالعـه ٤۲ ابرنواختـر نـوع I_α کـه در فاصلـه z=۰/٤قـرار دارنـد توانسـتند رابطـه زیـر را بدسـت آورنـد.

$$۰.۸\Omega_M - ۰.٦\Omega_\lambda = -۰.۲ \qquad ۲۲-۱۲$$

Do not copy

۲٤- Peculix Velocity

۲۵- Supernova Cosmology Project



شکل ۱۲-۲

شکل فوق، قید حاصل از ابرنواخترها و CMB را در صفحه دو بعدی $(\Omega_M, \Omega_\lambda)$ می باشد. ناحیه سیاه در این فضای دو بعدی قید حاصل از رصد ابرنواختر را نشان می دهد. با قرار دادن انحنای تخت برای عالم مقدار $\Omega_M = ۰.۳$ و $\Omega_\lambda = ۰.۷$ بدست می آید. که با مدل تورمی در توافق ا ست .

۱۲-۶ سوالات باز در مورد ماده تاریک:

با توجه به آنچه که تا به حال گفته شد می توان نتیجه گرفت که چگالی ماده تاریک با افزایش مقیاس مورد مطالعه افزایش می یابد. برای نمونه Ω برای مقیاس های کوچک نظیر اطراف خورشید ۲×۱۰^{-۳} و برای خوشه کهکشانی(۰/۲-۰/٤)می باشد این در حالی است که Ω عالم با توجه به مدل تورمی از مرتبه یک است. بنابراین می توان نتیجه گیری های زیر را داشته باشیم.

۱- جرم قابل رصد مانند ستاره ها، گاز و گردو غبار کمتر از ۱٪ از جرم عالم را تشکیل می دهد.

۲- سرعت دوران کپلری ستاره ها حول مرکز کهکشان نشان می دهد که کهکشان های مارپیچ دارای یک ساختار تاجی می باشند.

۳- سرعت خاصه کهکشان ها در خوشه کهکشانی نشان می دهد که جرم اعظم عالم در این مقیاس از ماده تاریک درست شده است.

٤- ماده تاریک نسبت به ماده روشن کمتر متراکم شده است (قسمت روشن کهکشان را با تاج مقایسه کنید)

٥- $\Omega_M = ۰.۲ - ۰.٤$

٦- $(\Omega_M > \Omega_B)$ نشان می دهد که تاج کهکشان می تواند از ماده تاریک غیر باریونی نیز درست شده باشد.

حال می توان سوالات زیر را با توجه به اطلاعات که تا به حال کسب کردیم مطرح کرد.

۱- ماده تاریک باریونی را در چه ساختارهایی می توان یافت؟

۲- ماده تاریک باریونی به چه حالت در کیهان وجود دارد؟

۳- آیا ماده ای غیر از حالت باریونی در جرم عالم سهم دارد؟ به چه میزان؟

٤- ماده تاریک که باعث شتاب انبساط عالم می شود از چه جنسی است و طبیعت آن چیست؟

٥- آیا مسئله ماده تاریک را می توان با تصحیح مکانیک متعارف توجیح کرد؟

Do not copy

۱۲-۷ ماده تاریک غیر باریونی:

برای توجیه میزان بالای $\Omega \approx ۰.۳$ می توان وجود ذراتی مانند نوترینوهای جرم دار اکسیونها و ویمپ ها[۲۶] را نیز به عنوان کاندید ماده تاریک در نظر گرفت.

ماده تاریک غیر باریونی به طور عمده به دو دسته گرم و سرد تقسیم می شود.

ماده تاریک گرم به ذرات سبکی گفته می شود که در زمان واجفتگی نسبتی بودند. به همین نحو ماده تاریک سرد به ذراتی نسبت داده می شود که در زمان واجفتگی غیر نسبیتی بودند.

۱۲-۷-۱ ماده تاریک گرم:

در چهارچوب مدل استاندارد الکتروضعیف، نوترینو دارای جرم صفر است. با وجود این توسعه تئوری جرم غیر صفر را نیز پیش بینی می کند، میزان سهمی که نوترینوها با جرم غیر صفر می تواند در Ω عالم داشته باشد از رابطه زیر به دست می آید.

$$\Omega_{\nu} h^{۲} = \frac{m\nu}{۱۰۰ ev} \qquad ۲۳-۱۲$$

انواع نوترینوها می تواند در Ω عالم سهم داشته باشند، یادآوری می شویم که میزان جرم تجربی نوترینوها به قرار زیر تخمین زده شده است.

$$m(\nu)_e < ۱۰ - ۱۵ ev$$
$$m(\nu)_{\mu} < .۱۷ Mev$$
$$m(\nu)_{\gamma} < ۱.۸۲ Mev$$

۲۶- Wimp

در سال های اخیر مطالعه نوترینوها نشان می دهد که نوترینو در طول مسیر حرکت خود نوسان کرده و به نوع های مختلف می تواند تبدیل شود.

۱۲-۷-۲ ماده تاریک سرد:

از نظر تئوری ذرات بنیادی می توان یک دسته ذرات به عنوان ماده تاریک سرد معرفی کرد. که به آنها ویمپ ها می گویند.

این ذرات ذراتی از قبیل نوترینوهای پرجرم و ذرات ابرتقارن هستند و انتظار می رود که دارای جرمی از مرتبه Gev داشته باشد. اخیرا آزمایش هایی مانند CRESST[۲۷] برای رصد ویمپ ها درست شده است. مرحله اول این آزمایش شامل یک کالری متر با ۲۶۲ گرم یاقوت برای جذب ذرات تابیده شده می باشد.

که تولید فونون های غیر گرمایی می کند. این فونون ها از یک تنگستن در دمای Mk ۱۵ در حالت ابررسانایی عبور کرده و باعث تغییر ناگهانی زیاد در مقاومت یک فیلم می کند.

با اندازه گیری تغییر مقاومت می توان تغییرات جریان و مقدار شارش ذرات را بدست آورد.

در مرحله بعدی این پرژه یک آرایه ۳۳ تایی از این آشکارگرها قرار است شناخته شود.

۱۲-۸ ماده تاریک باریونی:

۱۲-۸-۱ ساختارهای کم جرم:

رصد ساختارهای بزرگ نشان می دهد که مقدار زیادی گاز در خوشه های کهکشانی وجود دارد که اکثرا از نوع هیدروژن اتمی می باشد و می توانند به صورت های زیر متراکم شود.

۱- شهاب سنگ ها، که در محدوده جرمی $۱۰^{-۶} gr < M < ۱۰^{۷}$ قرار

۲۷- Cryogenic R.....

دارنـد: اگـر تمامـی تـاج کهکشـان از ایـن نـوع مـاده درسـت شـده باشـد در ایـن صـورت تعـداد برخوردهـای شـهاب سـنگی بسـیار بیشـتر از آن اسـت کـه مشـاهده و رصـد مـی شـود. پـس فـرض شـهاب سـنگ هـا بـه عنـوان مـاده تاریـک تشـکیل دهنـده تـاج رد مـی شـود.

۲- مـوادی کـه جـرم آنهـا $۱۰^{-۷} M_{\odot} > M > ۱۰^{-۱۱} M_{\odot}$ قـرار دارنـد، نیـز مـی توانـد بـه میـزان زیـادی در مـاده تاریـک سـهم داشـته باشـند. بـا توجـه بـه پدیـده تبخیـر ایـن گونـه اجـرام مـدت زیایـد از نظـر مقیـاس زمانـی پایـدار باقـی نمـی ماننـد.

تحقیـق در مـاده تاریـک به شـکل ماچـو[۲۸] از طریـق ریزهمگرایی گرانشـی نیـز نشـان مـی دهـد کـه اجرامـی در محـدوده $۱۰^{-۳} M_{\odot} > M > ۱۰^{-۷} M_{\odot}$ نمی‌تواننـد بیـش از ۲۰٪ از جـرم تـاج را تشـکیل دهنـد. شـاید بتـوان سـناریوی وجـود ابرهـای مولکولـی سـرد $H_۲$ را در تـاج کهکشـان بـه عنـوان کاندیـد عمـده مـاده تاریـک در نظـر گرفـت.

۱۲-۸-۲ کوتوله های قهوه ای و قرمز:

کوتولـه هـای قرمـز سـتاره هایـی هسـتند سـرد بـا جـرم کمتـر از ۰/۸ جـرم خورشـید کـه دارای تابندگـی اندکـی مـی باشـند. بـرای کوتولـه هـای قهـوه ای محـدوده جـرم بیـن ۰/۰۰۱تـا ۰/۰۸ جـرم خورشـید اسـت. ایـن اجـرام بـه دلیـل جـرم کـم، تـوان همجوشـی هسـته ای در مرکـز خـود را ندارنـد بنابرایـن بـه عنـوان سـتارگان مـورد رصـد اپتیکـی قـرار نمـی گیـرد.

ولـی مـی تـوان فراوانـی آنهـا را از تابـع IMF[۲۹] تخمیـن زدو این تابـع مبین فراوانـی سـتاره هایـی اسـت کـه در موقع شـکل گیـری کهکشـان بوجـود آمده انـد در تقریـب اول، ایـن تابـع مـی توانـد بـه صـورت زیر نوشـته بشـود.

$$\frac{dN(m)}{dm} = Cm^{-(\alpha+۱)} \qquad ۲۴-۱۲$$

۲۸- Macho

۲۹- Initial Mass Function

به طوری که α شیب تابع جرم و مقدار آن بین ۱و ۲ می باشد. سهم ستارگان کم جرم در تابع جرم زیاد نیست و کوتوله قرمز و قهوه ای ۱ تا ٦٦ درصد از تاج کهکشان را تشکیل می دهند.

بقایای ستاره های رشته اصلی:

ستاره هایی که جرم اولیه آنها در محدوده $0.8M_\odot < M < 8M_\odot$ باشند تبدیل به کوتوله های سفید می شوند. ستاره های پرجرم تر جرم اولیه آنها بین $8M_\odot$ تا $25M_\odot$ است تبدیل به ستاره های نوترونی و ستاره های شامل جرم اولیه ۲۵ تا ۱۰۰ برابر جرم خورشیدتبدیل به سیاهچاله می شوند. می توان سهم بقایای ستار ها در ماده تاریک را با مطالعه کهکشان های دور و نحوه شکل گیری ستاره ها و یا بررسی میزان عناصر آنها را مطالعه کنند.

از نظر مطالعه ستاره ها، کوتوله های سفید می توانند به عنوان کاندید ماده تاریک در تاج کهکشان ها باشند. به این شرط که عمر تاج در مقایسه با عمر دیسک زیاد باشد. کاندید دیگر از این نوع را می توان سیاهچاله های اولیه نام برد، ب.....چگالی در موقع گذار از جهان غلبه پلاسمای کوارکی و گلوئونی به جهان هسته زایی ($t = 10^{-4} s$) می توانست سیاهچاله های با جرم $1M_\odot$ به وجود آورد. تشکیل این نوع سیاهچاله ها همراه با تشکیل عناصر سنگین در فضای بین ستاره ای نمی باشد. در نتیجه این تئوری می تواند عدم مشاهده عناصر سنگین هاله تاج کهکشان را توجیه کند.

۹-۱۲ ماده تاریک در حالت ماچو:

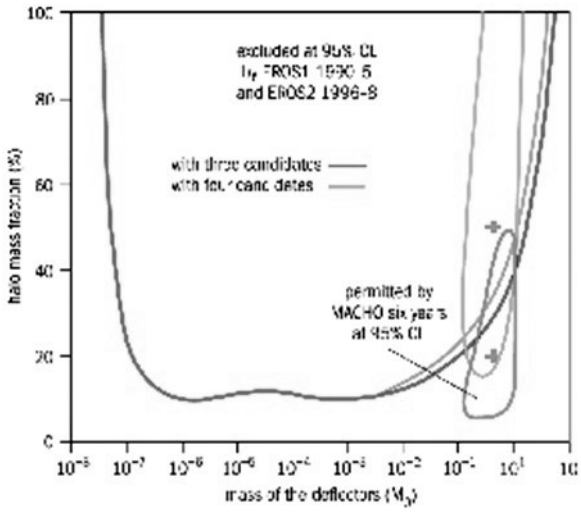
اجرام کم جرم متراکمی که دارای درخشندگی ذاتی پایین و یا عدم درخشندگی هستند ماچو (MACHO[۳۰]) نامیده می شوند. اولین بار .....پیشنهاد کرد که با روش غیر مستقیم ریزهمگرایی گرانشی بتوان ماچوها را مشخص کرد. بعد از حدود یک دهه از شروع این آزمایش ها میزان ماده تاریک به شکل ماچو معین شده است، اولین کاندید

۳۰- Massive Astrophysical Compact H

Do not copy

بـرای وجـود ماچوهـا در سـال ۱۹۹۳ میـلادی (۱۳۷۲ هجـری.ش) در راسـتای ابـر ماژلانـی بـزرگ و در راسـتای مرکـز کهکشـان توسـط گـروه هـای Eros Macho, Ogle, رصـد شـد. در بررسـی هـای بعـدی Eros۱، Macho، حـوادث ریـز همگرایـی گرانشـی کمتـر از ۱۰ روز ثبـت نشـد بـا ایـن نتیجـه منفـی مـی شـد کـه یـک قیـد بـر روی جـرم ماچوهـای کـم جـرم گذاشـت.

نتیجـه تحلیـل بـه طـوری کـه در شـکل زیـر دیـده مـی شـود نشـان مـی دهـد کـه ماچوهایـی بـا جـرم سـیارات مـی تواننـد ۱۰ درصـد هالـه را تشـکیل بد هند .



شکل ۱۲-۳

محـور افقـی جـرم ماچوهـا و محـور عمـودی سـهمی از جـرم هالـه را نشـان مـی دهـد کـه از ماچوهـا درسـت شـده انـد. تابـع جـرم در ایـن تحلیـل بـه صـورت تابـع دلتـای دیـراک بهنجـار شـد بـه یـک اختیـار شـده اسـت برهـم نهـی نتایـج حاصـل Macho، Eros نشـان مـی دهـد کـه تنهـا ۲۰ درصـد از جـرم هالـه از ماچوهایـی بـه جـرم میانگیـن ٤/. جـرم خورشـید تشـکیل شـده انـد.

تنهـا چنـد حادثـه ریزهمگرایـی بـا دوره زمانـی بلنـد در طـول دوران

آزمایش رخ داد. در تحلیل داده های دو ساله گروه Macho ٦ تا ٨ حادثه در راستای LMC رصد شد و عمق نوری بدست آمده نصف میزان لازم برای توصیف دینامیک کهکشان بود. میانگین جرم ماچوها در هاله کهکشان $۰.۵M_{\odot}$ تخمین زده شد، نتایج گروه Eros صرفنظر از اختلاف اندک در سهم ماچوها در هاله کهکشان با نتایج Macho در توافق کامل بود، مرحله دوم آزمایش Eros درسال ۱۹۹٦ میلادی (۱۳۷۵ه.ش) با افزایش ده برابری در تعداد ستارگان رصدی شروع شد. نتیجه دو سال رصد در راستای ۵/۳SMC میلیون ستاره، وجود یک حادثه ریزهمگرایی در این راستا بود. بدین ترتیب۲ Eros توانست یک قید روی ساختار هاله بگذارد، یعنی ۵۰ درصد هاله کهکشان از اجرامی در محدوده $۰.۱M_{\odot}$ تا $۰.۵M_{\odot}$ درست شده اند. اخیرا گروه Macho که آنالیز داده های رصدی ۵/۷ ساله خود را بر روی ۱۰/۷ میلیون ستاره در راستای LMC منتشر کرده است نشان داد که تنها ۲۰ درصد از هاله کهکشان می تواند در حالت ماچو با میانگین ٤/. جرم خورشید باشد.

در همان دوران رصد کوتوله های سفید در هاله کهکشان نشان داد که ده درصد از هاله کهکشان از کوتوله سفید درست شده است۲ Eros نیز با تحلیل رصد ۳ ساله داده های خود در راستای LMC با بررسی ۲۵/۵ میلیون ستاره نشان داد که در نتایج با گروه Macho همخوانی دارد.

Do not copy

فصل سیزدهم

نتیجه گیری

Do not copy

گروه های آزمایشی ریز همگرایی گرانشی با فرض وجود ماده تاریک به صورت ماچو در هاله کهکشان به مطالعه آن پرداختند ولی بعد از یک دهه مطالعه نتایج نشان می دهد که ماچو تنها سهم کوچکی در ساختار هاله کهکشان می توانند داشته باشد.

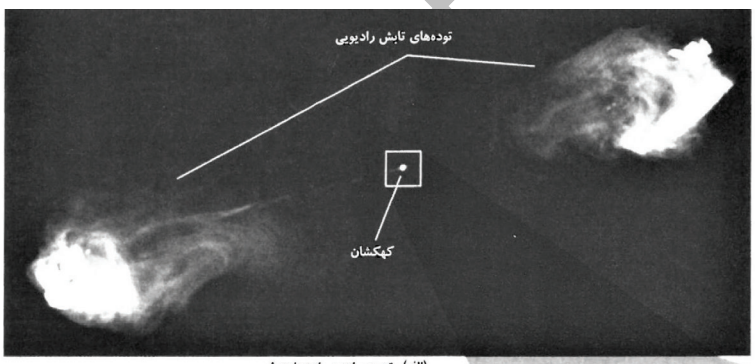
بررسی ماده تاریک گرم و سرد نیز به عنوان کاندیدهای ماده تاریک توسط گروه های مختلف در حال مطالعه است. مطالعه سرعت خاصه کهکشان ها نشان می دهد که تنها حدود یک درصد از ماده موجود در عالم روشن است و بررسی ابرنواخترها، ماده تاریک از نوع ثابت کیهان شناختی را نیز تصدیق می کند.

وجود اثر ماده تاریک در مطالعات اخیر تابش زمینه ای کیهان نقش مهمی دارد و به نظر می رسد که در دهه آینده بحث مهمی در کیهانشناختی خواهد بود. مهم ترین نتیجه در بررسی های ماده تاریک در مقیاس های مختلف را شاید بتوان به افزایش میزان ماده تاریک به ماده روشن در مقیاس های بزرگتر اشاره کرد. به طوری که در ابعاد کهکشان ماده تاریک ۹۰ درصد از جرم کهکشان و ابعاد کیهانی ۹۹ درصد از ساختار را تشکیل می دهد به عبارت دیگر دامنه تباین چگالی ماده روشن نسبت به ماده تاریک بیشتر بوده و در عوض توزیع ماده تاریک نسبت به ماده روشن دارای گسستگی پهن تری است.

۱۳-۱ کهکشان های انفجاری:

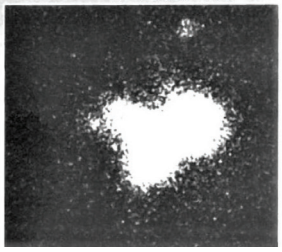
جرم دجاجه A، یکی از اولین منابع رادیوئی بود که کشف شد. انتشار امواج رادیوئی آن هنگامی که نجوم رادیوئی پیشرفت نکرده بود با وسایل ابتدایی آشکار کردند.

در آن زمان اخترفیزیکدانان گمان می کردند نجوم رادیوئی یک موضوع سرگرم کننده و دسته دوم است اما در سال ۱۹۵٤ میلادی (۱۳۳۳ ه.ش) وقتی دجاجه A با یک کهکشان ویژه خیلی دور که در شکل زیر نشان داده شده است تشخیص داده شد مانع برطرف گردیده به طور واضح اخترشناسان در مورد یک منبع بسیار بزرگ انرژی دچار اشتباه شده بودند. دجاجه A روشن تر از هر چیزی که اخترشناسان دیده بودند می درخشید. بیشتر برون دهی آن، انرژی زیاد در طول موج های رادیویی بوده



(الف) تصویر رادیویی از دجاجه A

(ب) نمای نزدیک از مرکز کهکشان



این نقشه کانتور از انتشارات رادیوئی دجاجه A نشان می دهد که تقریبا تمام امواج رادیویی از دو لکه واقع روی دو طرف کهکشان ویژه می‌آیند.

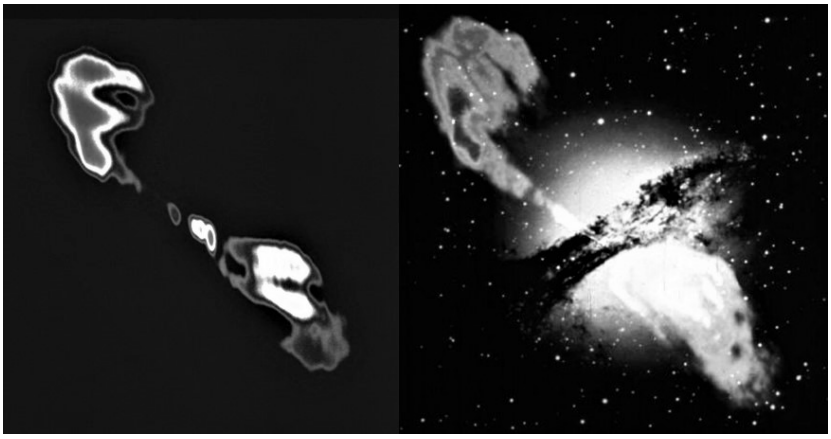
ستاره شناسان رادیویی غالبا مشاهداتشان را با نقشه های کانتور از این نوع نشان می دهند.

درست مانند خطوط کانتور روی یک نقشه مساحی که از ارتفاع زمین را نشان می دهد.

خطوط کانتور روی نقشه رادیوئی، شدت انتشار امواج رادیویی را نشان می دهد.

توجه کنید که انتشار امواج رادیوئی از دجاجه A در دو لکه متمرکز شده است کهک کهشان ویژه بین دو لکه واقع شده است. هر یک از این لکه ها به اندازه یک کهکشان است و هر یک با درخشندگی یک تریلیون خورشید می درخشد در تمام برون دهی انرژی در طول موج های رادیویی است. حتی با عکسبرداری دیافراگم باز با تلسکوپ ۲۰۰ اینچی نتوانستند در محل لکه ها چیزی جز آسمان خالی ببینید.

در همان زمان در استرالیا نیز گروهی از اخترشناسان امواجی کشف کردند که از حوالی صورت فلکی قنطورس می آمد، که به آن قنطورس A گفتند و همراه NGC۵۱۲۸ دیده شد. و متوجه شدند که این کهکشان هم اکثر تابش خود را از ناحیه ای در فراسوی کهکشان اصلی منتشر می کند.



شکل ۱۳-۱

قنطورس A علیرغم ظاهرش یک منبع رادیویی قسمت بسیار بزگتری از آسمان را می پوشاند از یک انتها تا انتهای دیگرش ده درجه است. که مساوی بیست ماه کامل است که کنار هم قرار گرفته است. به علت نزدیکی و اندازه بزرگش، اخترشناسان موفق به نقشه برداری از آن با رادیوتلسکوپ های ناقص اواخر سال های ۱۹۴۰ شده اند. اما مطالعات مفصل درباره دجاجه A تا سال های ۱۹۵۰ میلادی (۱۳۲۹ه.ش) که رادیوتلسکوپ های تداخل سنج ساخته شد به طول انجامید.

وقتی کیفیت رادیوتلسکوپ ها رو به بهبودی نهاد، اخترشناسان شروع به پیدا کردن بسیاری از این منابع رادیویی دوتایی کردند. تمام آن ها مانند دجاجه A شامل دو محل هستند که از آن ها مقادیر زیادی امواج رادیویی بیرون می آیند. در اغلب موارد یک کهکشان خاص هم بین دو لکه رادیویی دیده می شود.

اما علت این دو لکه ها چیست؟ که در دو سوی یک کهکشان قرار گرفته اند؟ شاید انفجار!!

با پیشرفت تکنولوژی، نشان داد که انتشار امواج رادیویی از این منابع به علت حرکت الکترون های با سرعت زیاد است که دور یک میدان مغناطیسی به طور مارپیچی حرکت می کنند این تابش را تابش سینکروترونی می نامیدند. وقتی الکترون با میدان مغناطیسی مواجه می شوند حول میدان مغناطیسی شروع به گردش می کنند و این حرکت تولید موج رادیویی می کند.

اکنون می دانیم که امواج سینکروترونی مهم ترین فرایند در تولید امواج رادیویی هستند.

انچه احتیاج داریم الکترون های سریع و میدان مغناطیسی می باشد.

اما آنچه مشخص است در منابعی چون دجاجه A و منابع رادیویی شبیه آن باید جریان مداومی از الکترون های سریع از کهکشان های ویژه .....

Do not copy

کشف منابع رادیویی دوتایی یکی از اولین کشفیات کلیدی در مورد فرایندها با انرژی زیاد همراه با بعضی کهکشان ها و اجسام شبیه کهکشان می باشد.

یکی دیگر از کشفیات بنیادین یافتن اخترنماها در اوایل سال ۱۹۶۰ میلادی است اخترنماها با درخشندگی صدها برابر کهکشان های معمولی می درخشند.

وقتی اخترنماها و منابع رادیویی دوتایی کشف شدند به نظر می رسید فضای خالی زیادی بین کهکشان ها و این اجسام خارجی وجود دارد.

اما مطالعه M۸۲ که عضوی از یک خوشه کهکشان های نزدیک کوچک در صورت فلکی دب اکبر است نشان داد که مقادیر زیادی گاز از هسته کهکشان خارج می شود. رشته ها و موادی تا فاصله ۱۰۰۰۰ سال نوری خارج می شود و با سرعت بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه گسترده می شوند.

مشاهدات تایید شده ای که در اواخر سال های ۱۹۷۰ میلادی (۱۳۴۹ ه.ش) انجام شده دلالت بر انفجار عظیمی داشت که تقریبا ۲ میلیون سال قبل در هسته کهکشان اتفاق افتاده بود. واضح است که بعضی کهکشان ها محل های آرامی نیستند ولی این انفجار مستلزم مقادیر زیادی انرژی می باشد.

کهکشان های انفجاری NGC۱۲۷۵ صورت فلکی برساووش محسوب می شود و یک منبع قوی امواج رادیویی می باشد در این خوشه گاز با سرعت ۳۰۰ کیلومتر بر ثانیه از کهکشان بیرون می آید. این پدیده ها گواه واضح وقوع یک انفجار است در واقع NGC۱۲۲۷ بیشتر شبیه سحابی خرچنگی است تا یک کهکشان

در سال ۱۹۴۳ میلادی اخترشناس آمریکایی کارل سیفرت، تعدادی از کهکشان ها را مورد رصد قرار داد که قدری غیرعادی به نظر می رسیدند. طیف این کهکشان ها خطوط انتشاری قوی می باشد و

عکس های این کهکشان ها همیشه یک تابش غیرعادی همانند هسته اختروش ها از خود نشان می داد. که به آن ها کهکشان های سیفرت گفته می شود . این کهکشان ها یک منبع قوی تابش مادون قرمز می باشند. در واقع مقدار تابش مادون قرمز درون آنها تا ۱۰۰ میلیون خورشید می رسد در اطراف این کهکشان ها شواهدی بر وجود چند ابر عظیم گازی که از هسته کهکشان آمده اند بدست آمده است تغییر مکان دوپلری خطوط طیفی این ابرها نشان می دهد که دارای سرعتی بیش از ۶۰۰ کیلومتر بر ثانیه است.

پس این کهکشان ها یک هسته بسیار روشن دارد و با دوره تناوبی نسبتا کوتاه مدت منحنی توری آن تغییر می کند و شواهدی حاکی از خروج گاز از داخل آن دیده می شود.

با شواهدی که از اکتشاف کهکشان ها دیده شد، این ایده بدست آمد که شاید ما در پی یک سری خاص از اجرام سماوی هستیم که ابتدای این سری را کهکشان های پرانرژی و درخشنده و انتهای آن را کهکشان های عادی و معمولی نظیر کهکشان راه شیری تشکیل داده اند، هر چند ممکن است که برای کهکشان هایی نظیر کهکشان راه شیری در گذشته های دور درخشش ها و انفجاراتی رخ داده باشد در حال حاضر الان کهکشان عادی به نظر می رسد.

یک گام بالاتر از کهکشان راه شیری، کهکشان های M۸۲ و NGC۱۲۸ هستند که این کهکشان ها با ظاهری متفاوت رصد شده اند و شواهد رصدی مبنی بر فوران انفجاری گاز از هسته آنها به چشم می خورد. این کهکشان ها منابع قوی تری از امواج رادیویی و پرتو x و تابش مادون قرمز می باشند.

یک گام بالاتر از این نوع کهکشان ها، کهکشان های M۷۷ و NGC۴۱۵۱ می باشند که مشابهت زیادی با اخترنماها دارند، و بعید نیست که بگوئیم کهکشان های سیفرت نوعی اخترنمای کوازار نزدیک می باشد.

Do not copy

بالاخره کوازارها در بالاترین رتبه در این دسته بندی قرار دارد.

کاوش کهکشان های نظیر کاوش های باستان شناسی می باشد که باستان شناسان با کاوش های گوناگون و پیدا کردن استخوان های قدیمی مختلف و جور کردن و کنار قرار دادن آنها پی به قدمت آنها برده و روند تغییرات آنها را در طول اعصار و بررسی می کند و هر قدر که این استخوان ها قدیمی تر باشند به اجداد و سرمنشا اولین انسان نزدیکتر روند. تکمیل تر می شود، پس لاجرم با بررسی کهکشان ها و رده بندی آنها و رصد کهکشان های دورتز نیز ما در طول زمان به عقب پیش می رویم، و کهکشان های قدیمی تر را مشاهده و رصد می نماییم و شاید بتوان به سر منشاء این کهکشان ها پی برد، در روند سیر تکاملی کهکشان ها می توان کوازارها را یکی از منشاء های بعضی کهکشان های معمولی دانست. اما همه کهکشان ها از این اجداد به وجود نیامده اند مثلا غیر قابل تصور است که کهکشان های کوتوله که خیلی زیاد هم هستند از کوازارها به وجود آمده باشند و عده ای از اخترفیزیکدانان سیر تحول کهکشان ها را بسیار پیچیده تر از آن می دانند که کوازاری تبدیل به کهکشانی سیفرت و سپس کهکشان های عادی شده باشد همان گونه سیر تکاملی داروین نیز به نظر نمی رسد که بدین سادگی که داروین و پیروانش فکر می کنند پیموده شده باشد. با وجود این شواهدی وجود وجود دارد که می تواند کوازارها می توانند حد اعلای بعضی از کهکشان های پیرامون ما باشند. ممکن است با رصدها و کاوش های کهکشان های اطراف کوازارها بتوان پرده از اسرار این معما برداشت.

در دسته کوازارها نام مشهودی به نام سوسمار BL دیده می شود. که همانند سایر کوازارهایی که کشف شدند این کوازارها را هم ستاره ای متغیر و درخشان در صورت فلکی سوسمار فرض می کردند که بعدها معلوم شد این جرم سوسوزن درخشان حاوی خیل عظیمی از اشعه γ و مادون قرمز می باشد. ولی این کوازارها با کوازارهای معمولی فرق دارد به طوری که رصد می شود ولی به علت اینکه توسط کهکشان های دیگر احاطه شده است. اشعه γ جرم طیفی از

آن بدست نمی آید که با آن بتوان گرایش به قرمز و سایر خصوصیات را رصد نمود.

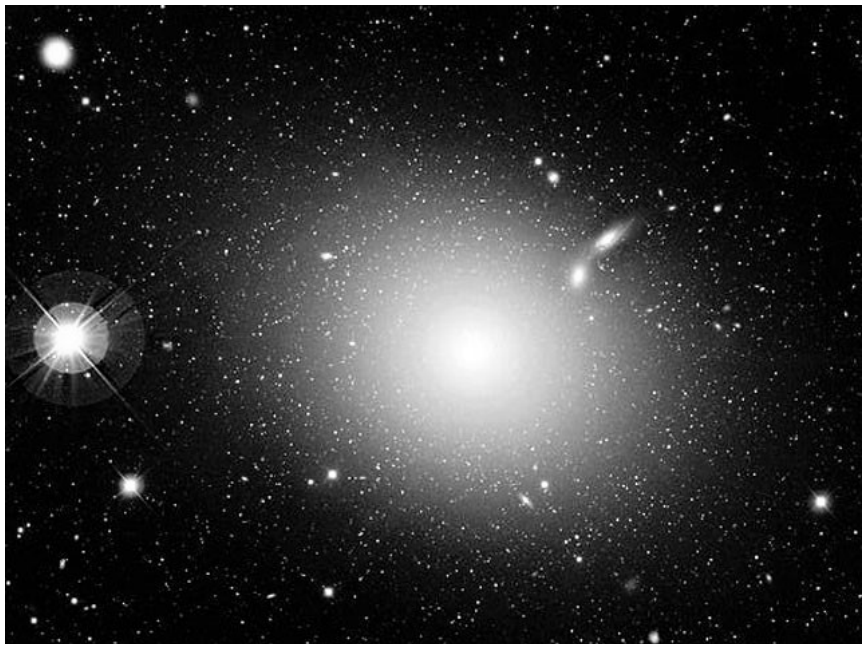
در ۱۱ مرداد ۱۳٥٦ یک تیم اخترشناسان در رصدخانه لیک موفق شدند طیفی هاله گون در اطراف کوازار سوسمار BL ردیابی کنند آنها با تکنیکی رصدی که در آن آلومینیوم را روی صفحه شیشه ای یک میکروسکوپ تبخیر و بین تلسکوپ ۱۲۰ اینچی رصدخانه و لوازم طیف سنجی قرار می دادند پس لاجرم با کم نورتر کردن نور خیره کننده هسته کوازار توانستند نور کمرنگ تر هاله را ردیابی کنند. که طیف آن خیلی شباهت به طیف کهکشان های بیضی گون کوچک داشت. پس این شباهت، این ایده را به وجود آورد که هسته درخشان و متغیر سوسمار BL توسط کهکشان بیضی گون احاطه شده است که انتقال به سرخ این کهکشان Z=۰/۰۷ می باشد و فاصله اش از زمین قدری بیش از یک میلیون سال نوری است و این مشاهدات را دو اخترشناس دیگر با تلسکوپ ۲۰۰ اینچی در کوه پالومار تایید نمودند.

این کشف رصدی این نظریه را که کوازارها مراکز درخشان کهکشان های جوان و پرانرژی هستند را قوت بخشید.

۱۳-۲ M۸۷:

خوشه سنبله نزدیکترین خوشه غنی کهکشان ها در اسمان است. نزدیک مرکزتقریبی این خوشه کهکشان ابرغول بیضی گون M۸۷ قرار گرفته است

Do not copy



شکل ۲۱۳: M۸۷

در سال ۱۹۱۸ میلادی اخترفیزیکدانان در خارج هسته M۸۷ یک زائده مواج درخشنده کشف کردند که شامل یک سری گوی درخشنده است که در یک ردیف قرار گرفته اند که حدود ۶۵۰۰ سال نوری طول دارد و منبع قوی تابش سینکروترونی است

دو گروه اخترشناسان به طور مجزا در سال ۱۳۵۷ روی این کهکشان ها کار کردند و تصویر صحیحی از چگونگی توزیع ستارگان و سرعت حرکتشان بدست آوردند.

از آنجا که این کهکشان از زمره کهکشان های بیضی گون بود لاجرم دارای تعداد زیادی ستاره بود که می توانستند با توجه به جرم آنها طبق قوانین فیزیک کلاسیک محاسباتی در زمینه گردش ستارگان حول مرکز را نظر گردش سیارات محاسبه کرد ولی مشاهدات حاکی از ان بود که در ستارگان نزدیک به مرکز این قواعد صدق نمی کند مگر آنکه در درون مرکز کهکشان جرم عظیمی نهفته باشد و این نشان از وجود سیاهچاله ای بسیار عظیم در درون این مرکز بود. این جرم

معـادل هـزار میلیـون برابـر خورشـید بـوده!!

در دسـته ی سـیاهچاله هـا ایـن سـیاهچاله بسـیار عظیـم اسـت چـرا کـه سـیاهچاله هـای معمولـی از خـود ۵۰ برابـر خورشـید بـه نـدرت بزرگتـر هسـتند.

۳-۱۳ سیاهچاله ها چگونه به وجود می آیند؟

همـان گونـه کـه گفتـه شـد سـتاره در حالـت عـادی در حـال تعـادل هیدروسـتاتیکی اسـت یعنـی انـرژی هسـته ای هسـته بـه انـدازه ای اسـت کـه در برابـر انـرژی گرانشـی سـتاره مقابلـه مـی کنـد و مانـع از رمبـش سـتاره مـی شـود وقتـی فعالیـت هـای هسـته ای، هسـته سـتاره کـم رنـگ شـده پـس لاجـرم سـتاره شـروع بـه رمبـش مـی کنـد و در هـم فـرو مـی رود، وقتـی سـتاره متراکـم شـده انـرژی پتانسـیل گرانشـی خـود را آزاد مـی کنـد و سـتارگانی حـدود ۸ برابـر خورشـید جـرم دارنـد، بـا سـرعت ایـن انـرژی آزاد شـده و بـه انـرژی گرمایـی تبدیـل شـده و مثـل آن اسـت کـه هسـته سـتاره ناگهـان منفجـر مـی شـود پـس یـک انفجـار ابرنواختـری اتفـاق مـی افتـد در پـاره ای از مـوارد ایـن انفجـار کل سـتاره را نابـود مـی کنـد و جـز گـرد و غبـار از سـتاره باقـی نمـی مانـد ولـی در پـاره ای دیگـر از زمـان جـرم در وسـط باقـی مـی مانـد کـه بسـیار چـگال اسـت، اگـر جـرم سـتاره ۱ تـا ۳ برابـر خورشـید باشـد بـه جـای مانده یـک کوتولـه سـفید یـا سـتاره نوترونی اسـت کـه تـا فشـار تبهگـن حاصـل در مقابـل رمبـش مقاومـت مـی کنـد، و تشـکیل ایـن سـتارگان را مـی دهـد ولـی اگـر جـرم سـتاره از ٤ برابـر جـرم خورشـید بیشـتر باشـد، ایـن فشـار تبهگـن هـم یـارای مقاومـت در برابـر فشـار گرانشـی را نـدارد و بـه همیـن دلیـل هسـته فشـرده تـر مـی شـود و تـا وقتـی کـه بـه سـیاهچاله تبدیـل مـی شـود. امـا ایـن سـیاهچاله هـای بسـیار سـنگین از کجـا آمـده انـد. اگـر در انفجـار بـزرگ بوجـود آمـده باشـند تکوین جهـان بایـد بسـیار شـدید بـوده باشـد.

شـاید همانطـور کـه اسـتفان هاوکینـگ بیـان کـرده تـوده هـای کوچـک در جهـان تـازه تکویـن یافتـه، در سـیاهچاله هـای کوچـک زیـادی فشـرده نشـده انـد، بـه علـت چگالـی بسـیار زیـاد در چنـد ثانیـه اول قبـل از اینکـه

Do not copy

جهـان بـه مقـدار زیـاد منبسـط شـود. ایـن سـیاهچاله هـا توانسـته انـد بـه مقـدار زیـادی رشـد نماینـد. سـپس ایـن سـیاهچاله هـای بسـیار سـنگین بـه صـورت بذرهایـی درآمـده انـد کـه اطـراف آنهـا کهکشـان هـا و خوشـه هـای کهکشـانی شـکل گرفتـه اسـت.

اخترشناسـان اعتقـاد داشـتند کـه ایـن سـیاه چالـه هـا در اطـراف خـود گازهـا را بـه صـورت قرصـی برافزایشـی در آورده و ایـن گاز به صـورت مارپیچ حـول سـیاهچاله مـی گردنـد و بـه علـت اصطـکاک تـا درجـه حـرارت زیـاد گـرم مـی شـوند و ایـن گازهـای داغ در ایـن گـرداب چرخشـی قبـل از داخـل شـدن بـه سـیاهچاله بـه قـدری شـدید تابـش مـی کننـد کـه تمـام انـرژی لازم را بـرای بیـان تمامـی فعالیـت کـه در هسـته کهکشـان هـا مشـاهده مـی کنیـم تولیـد مـی کننـد.

بـه دو دلیـل سـیاهچاله هـای بسـیار سـنگین بـرای بیـان و توجیـه انرژی زیـاد کوازارهـا و کهکشـان هـای انفجـاری مناسـب هسـتند. اول اینکـه بسـیار کوچـک هسـتند، قطـر آنهـا یـک روز نـوری یـا کمتـر اسـت ایـن انـدازه کوچـک نوسـانات سـریع روشـنایی آنهـا را کـه معمـولا بسـیاری از کوازارهـا و اجسـام وابسـته دیـده مـی شـود ممکـن مـی سـازد.

دوم اینکـه میـدان گرانشـی زیـاد ایـن سـیاهچاله هـا در اصـل یـک منبـع بـزرگ انـرژی اسـت.

مکانیـزم تولیـد انـرژی در اطـراف ایـن سـیاهچاله هـا بدیـن گونـه اسـت کـه، از آنجـا کـه در نسـبیت عـام مطـرح مـی شـود کـه فضا-زمـان در اطـراف سـیاهچاله هـا بسـیار خمیـده اسـت پـس در نزدیکـی سـیاهچاله بسـیار متراکـم، از طرفـی سـیاهچاله بـا سـرعت بالایـی بـه دلیـل بقـای انـدازه حرکت زاویـه ای در حـال گـردش بـه حـول خویـش مـی باشـد. ایـن گـردش سـریع منجـر بـه وجـود امـدن میـدان مغناطیسـی قـوی در اطـراف سـیاهچاله مـی شـود بـه علـت پیوسـتگی و تراکـم میادیـن مغناطیسـی در اطـراف سـیاهچاله یـک تـوده گسـترده و پیوسـته از میـدان مغناطیسـی در اطـراف سـیاهچاله بـه وجـود مـی آیـد کـه بـا سـرعت سرسـام آوری بـه حـول سـیاهچاله در حـال گـردش هسـتند، بـه دلیـل پیوسـتگی میادیـن مغناطیسـی بایـد سـرعت زاویـه

ای آن قسمت از میادین که نزدیک سیاهچاله هستند با آن قسمت که در قسمت های دورتر واقع هستند یکی باشد. لاجرم سرعت خطی آنها متفاوت است $V = R\omega$ پس این مستلزم آن است که قسمت های بیرونی تر سرعتی بالاتر از سرعت نور را داشته باشند و این به لحاظ نسبیتی غیرممکن است پس لاجرم در سرعت تعدیلی ایجاد شده و منجر می شود که میدان مغناطیسی با سرعت زاویه ای کمتری نسبت به خود سیاهچاله گردش کند و این عامل به اصطلاح لغزش میدان مغناطیسی با سرعت زاویه ای کمتری نسبت به خود سیاهچاله گردش کند و این عامل به اصطلاح لغزش میدان مغناطیسی روی سیاهچاله می شود. و این لغزش منجر به وجود آمدن میدان الکتریکی وسیعی در اطراف سیاهچاله می شود که هزاران سال نوری اطراف سیاهچاله برقرار است. در واقع شدت این میدان به قدری قوی است که جفت های الکترون و پوزیترون به مقدار زیادی بالای قطب های شمال و جنوب به وجود می آورد و بعلت همین میدان الکتریکی الکترون ها شدیدا به طرف بیرون سیاهچاله در امتداد محور مغناطیسی رانده می شوند.

این مدل دینام بسیار امیدبخش است. آنچه احتیاج دارید یک سیاهچاله بسیار سنگین گردنده و یک قرص بهم پیوسته است. که یک میدان مغناطیسی را حمل می کند. از این ترکیب دو پرتوی قوی الکترون ها سریع که به طور مداوم از قطب های مغناطیسی شمال و جنوب بیرون می آیند، بدست می آوریم. با این مثال به نظر می رسد که کمی تغییر در این موضوع اساسی، درک خوبی از کوازارها و کهکشان های سیفرت به ما می دهد.

البته استنباط مبهوت کننده این است که سیاهچاله های بسیار سنگین باید بی نهایت معمولی باشند و شاید در مراکز اغلب کهکشان های بزرگ جهان پنهان هستند.

۱۳-٤ سیاهچاله ها کنترل کننده کهکشان ها:

مک گوریان متوجه شد که رابطه ای بین سیاهچاله های مرکز کهکشان وجود دارد بدین صورت که جرم سیاهچاله ۰/۵ درصد جرم

Do not copy

کهکشـــان را تشـــکیل مـــی دهـــد. ایـــن رابطـــه گـــره ای را بیـــن ســـیاهچاله و کهکشـــان نشـــان مـــی داد و گویـــی اینکـــه ایـــن جـــرم پرجـــرم و کوچـــک کنتـــرل کننـــد انـــدازه کهکشـــان و حتـــی ســـتارگان داخـــل کهکشـــان مـــی باشـــد، در پـــی کاوش هایـــی کـــه در یـــک ســـیاهچاله شـــد متوجـــه شـــدند کـــه در اثـــر گرانـــش شـــدید یـــک ســـیاهچاله مـــواد اطـــراف در یـــک قـــرص برافزایشـــی قرصـــی گـــردان حـــول ســـیاهچاله بـــه وجـــود مـــی آورد ولـــی متوجـــه شـــدند از داخـــل ســـیاهچاله حبـــاب هـــای گازی از میـــان ایـــن قـــرص متراکـــم برافزایشـــی بـــه وســـعت زیـــادی از میـــان ایـــن قرصهـــا بـــه بیـــرون تـــراوش مـــی کنـــد و گویـــی گاز و انـــرژی از ایـــن منطقـــه خـــارج مـــی شـــود و همیـــن فورانهـــا و انـــرژی مشـــخص اســـت کـــه تشـــکیل ســـتارگان و جایـــگاه روز آنهـــا را کنتـــرل مـــی کنـــد. ایـــن نظریـــه بـــه مثابـــه ایـــن اســـت کـــه زمیـــن بـــا تمـــام جـــرم و ســـطحش توســـط جـــرم عظیمـــی در حـــد و انـــدازه یـــک هســـته انگـــور کنتـــرل و هدایـــت مـــی شـــود کـــه شـــواهد ایـــن مســـاله را تاکیـــد مـــی کنـــد پـــس ســـیاهچاله نـــه به عنـــوان یـــک ناهنجـــاری و جرمـــی زائـــد بلکـــه بـــه عنـــوان جرمـــی موثـــر و بنیادیـــن در کهکشـــانها محســـوب مـــی شـــود پـــس کهکشـــان راه شـــیری نیـــز بـــه گونـــه ای ســـیاهچاله درون خـــود بـــوده اســـت و حیـــات روی زمیـــن بیـــن حاصـــل هدایـــت همـــان ســـیاهچاله صـــورت گرفتـــه اســـت.