به نام خدا

شانزدهمین همایش ملی نجوم و اختر فیزیک ایران

ساختار کپه متعادل در ابرهای تاریک فروسرخ

شریفی،عبدالرضا[1]؛ نژاداصغر،محسن[2]

[1] دانشگاه مازندران، بابلسر

[2] گروه فیزیک نظری،دانشگاه مازندران، بابلسر

مقدمه

در یک ابر تاریک فروسرخ IRDC تعدادی کپه وجود دارد .ساده ترین شکل آن ابری با یک کپه است.کپه ها نواحی درون ابر هستند که چگالش آن ها نسبت به محیط اطراف بیشتر است. آنها را نامگذاری می کنیم یک بخش متراکم را انتخاب می کنیم . حال با بررسی مشخصات این کپه تلاش می کنیم برخی ویژگی های آن برای ما روشن گردد. کپه ها می تواند گزینه مناسبی برای محل زایش ستارگان در ابرهای تاریک فروسرخ باشد. ابتدا برای سادگی کار فرض کردیم کپه تکدما باشد و اثر سایر عوامل و شرایط را در نظر نگرفتیم.کپه ای از گاز هیدروژن تحت اثر دو نیرو یکی گرانش به سمت داخل و دیگری گرادیان فشار به سمت بیرون کره. در این پژوهش نیروی ناشی از تلاطم و میدان مغناطیسی را در نظر نمی گیریم. اگر نیروی گرانش قویتر باشد کپه را جمع خواهد کرد اما می بینیم کپه IRDC به همین سادگی رمبش نمی کند یعنی شبه پایدار است.در ادامه عواملی مثل اثر غیر هم دمایی کپه بوجود آورد.همچنین گرمایش پخش دو قطبه یا اثر امبی پولار دیفیوژن را بررسی کردیم. امکانات رصدی درحدی نیست که از جزئیات ریز درون کپه ها اطلاعات بدست آورد بنابراین باید بخشی از کار را بصورت نظری و با مدلسازی انجام داد.

. از معادله پیوستگی در این حالت کمک می گیریم

$$-\frac{1}{\rho}\nabla p - \nabla \emptyset_g = 0$$

$-\frac{1}{\rho}\nabla p$ – نیروی گرادیان فشار بر واحد جرم و $\nabla \emptyset_g$ – نیروی گرانش ر حالت پایدار و همدما داریم $p = \rho a_{T^2}$

معادله پواسون

$$\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(r^2\frac{d\varphi_g}{dr}\right) = 4\pi G\rho$$

$$= 4\pi G\rho_C exp(-\frac{\varphi_g}{a_T^2}$$

برای بی بعد کردن معادله پواسون فرض کردیم

$$\xi = (\frac{4\pi G\rho_c}{a_T^2})^{\frac{1}{2}}\, r$$

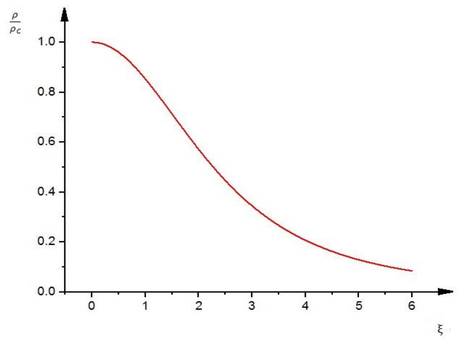
$$\xi = 2.9\times 10^{-19} n_c^{\frac{1}{2}}\, T^{-\frac{1}{2}}\, r$$

که در آن ξ طول بی بعد ρ_c چگالی جرمی در مرکز کپه با مقدار گذاری در رابطه بالا بدست می آید

روند تحقیق

در اینجا ξ بعد دار شده و می توانیم تشخیص دهیم از چه اوردری می باشد مثلا برای یک کپه معمولی که r حدودا 0.6 pc می توانیم عدد گذاری کنیم. می رسیم به معادله لن امدن همدما

$$\frac{1}{\xi^2}\frac{d}{d\xi}(\xi^2\frac{d\psi}{d\xi}) = exp(-\psi)$$



نمودار تغییرات چگالی برحسب فاصله از مرکز کپه که به PC بیان شده است. همانگونه که در نمودار می بینیم هرچه از مرکز کپه دور میشویم چگالی محیط کمتر می شود

$$\rho(r) = \frac{a_T^2}{2\pi G r^2}\quad M = 4\pi\int_0^r \rho r^2 dr$$

جرم را بی بعد می کنیم

$$m = \frac{\rho_0^{\frac{1}{2}} G^{\frac{3}{2}} M}{a_T^4}$$

$$M = 1.84\times 10^{33}\ \xi_0^2\ \frac{d\psi}{d\xi}$$

$$M = 0.1\ M_\odot$$

مشاهده می کنیم که جرم کپه بدست آمده برای تشکیل ستاره منطقی به نظر نمی رسد لذا فرض تکدما بودن با مشکل مواجه می شود

بحث و بررسی

اثرات غیر هم دمایی در ساختار کپه ها

ما در اینجا از انرژی مغناطیسی و تلاطم نمی خواهیم استفاده کنیم، بلکه میخواهیم از اثر غیر همدمایی و وجود گرادیان دما یا شیب دما استفاده کنیم. از طرفی بطور منطقی ما نمی توانیم دما را در مرکز و لبه کپه یکسان در نظر بگیریم. این گرادیان دما می تواند موجب تغییر ساختار ابر شود. نکته این است چه عاملی می تواند اثر غیر هم دمایی بوجود آورد

گرمایش پخش دو قطبه

گرمایش پخش دو قطبه زمانی بوجود می آید که گاز ما مانند ابرهای مولکولی اندکی یونیده باشد. ذرات خنثی و یونیده و الکترونها هر یک دارای سرعتی می باشد و اثر امبی پولار دیفیوژن زمانی بوجود می آید که این سرعتها با هم برابر نباشند. یکی از عواملی که می تواند موجب این اختلاف سرعت شود میدان مغناطیسی است. چرا که به ذرات باردار نیرو وارد می کند اما به ذرات خنثی نیرو وارد نمی کند.

$$f_d = \gamma\rho_i\rho_n(u_i - u_n)$$

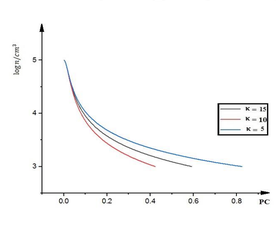
$$\Gamma_{AD} = f_d\,.(u_i - u_n) = \gamma\rho_i\rho_n|u_i - u_n|^2$$

$$0 < k < 10\times 0.3\mu G/1mpc$$

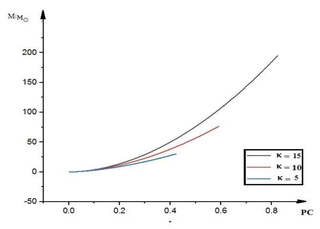
$$\Gamma_{AD} = 2.3\times 10^{-9}(\frac{k}{0.3\mu G/1mpc})^2\,(\frac{n}{10^6 cm^3})^{-1.9} ergg^{-1}s^{-1}$$

تعادل حرارتی

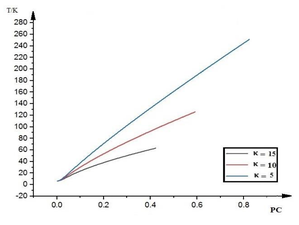
هر پدیده که باعث خروج فوتون از ابر شود موجب سرد شدن ابر می شود. در حالت تعادل حرارتی ثابت ($\frac{\partial}{\partial t} = 0$) شبه استاتیک ($u \to 0$)، تابع سرمایش خالص $\Omega(\rho,T)$باید در هر شعاع r صفر باشد (یعنی تعادل حرارتی موضعی). برای محاسبه تعادل حرارتی در هسته‌های ابر مولکولی، باید فرآیندهای گرمایش و سرمایش را در نظر بگیریم که بر گاز و غبار تأثیر می‌گذارد



در این شکل ما نمودار تغییرات چگالی بر حسب فاصله از مرکز کپه را برای κ =5,10,15 رسم نموده ایم مشاهده می شود در بازه ۱۰۵-۱۰۳ با افزایش فاصله از مرکز کپه بر حسب pc چگالی کاهش می یابد و مقدار آن با G34 تطابق دارد



در این شکل ما نمودار تغییرات جرم بر حسب فاصله از مرکز کپه را برای κ =5,10,15 رسم نموده ایم مشاهده می شود با افزایش فاصله از مرکز کپه بر حسب pc جرم برحسب نسبتی از جرم خورشید $M_\odot$افزایش می یابد و مقدار آن با G34 تطابق دارد



در این شکل ما نمودار تغییرات دما بر حسب فاصله از مرکز کپه را برای κ =5,10,15 رسم نموده ایم مشاهده می شود با افزایش فاصله از مرکز کپه بر حسب pcدما برحسب کلوین افزایش می یابد و مقدار آن با G34 تطابق دارد

نتیجه‌گیری

هرچه از مرکز کپه دور میشویم چگالی محیط کمتر می شود

جرم یک ابر هم دما خود گرانیده از مرتبه چند دهم جرم خورشید است. این نمی تواند توجیه کننده وجود یک کپه پرجرم در یک IRDC باشد که چند صد یا چند هزار جرم خورشید درون آن است.

با افزایش فاصله از مرکز کپه بر حسب pc جرم برحسب نسبتی از جرم خورشید $M_\odot$ افزایش می یابد و مقدار آن با G34 تطابق دارد

با افزایش فاصله از مرکز کپه بر حسب pc دما برحسب کلوین افزایش می یابد و مقدار آن با G34 تطابق دارد

در بازه ۱۰۵-۱۰۳ با افزایش فاصله از مرکز کپه بر حسب pc چگالی کاهش می یابد و مقدار آن با G34 تطابق دارد

مراجع

[1] Hennebelle, Patrick , Inutsuka, Shu-ichiro .(2019). The role of magnetic field in molecular cloud formation and evolution . FrASS...6....5H .

[2] Vahdanian, Hamed , Nejad-Asghar, Mohsen .(2022). Some aspects of rotation and magnetic-field morphology in the infrared dark cloud G34.43+00.24 . MNRAS.512.4272V.

[3] Crutcher R.M., 2012, ARA&A, 50, 29

با سپاس از حسن توجه شما

عبدالرضا شریفی شماره تماس : ۰۹۱۱۳۷۰۴۸۷۹ ایمیل : ar.sharifi@gu.ac.ir