بسم الله الرحمن الرحيم

اللهم صل علی محمد و آل محمد

دانشکده علوم پایه

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته فیزیک نجوم

عنوان:

تأثیر معادله حالت همدما، لگاتروپ و پلی‌تروپ بر ناپایداری گرانشی ابرهای مولکولی لایه‌ای و رشته‌ای

استاد راهنما:

دکتر محسن نژاداصغر

استاد مشاور:

دکترعلیرضا خصالی

اساتید داور:

دکتر کوروش نوذری

دکتر فرشاد صحبت‌زاده

دانشجو:

غلامحسن یداله‌پور بالف

دی‌ماه ۹۰

سپاسگزاری

خداوند بلند مرتبه را خالصانه سپاس می‌گویم که مرا شایسته آموختن دفتر دانش خویش قرار داد و آنچه داده است بیش از شایستگی من است.

اکنون که به لطف حق مراحل تحقیق به پایان رسیده است وظیفه خود می‌دانم از استاد راهنمای عزیز جناب آقای **دکتر محسن نژاداصغر** تقدیر و تشکر کنم که مسئولیت راهنمایی این پایان‌نامه را به عهده داشتند و بنده را از راهنمائی‌های خالصانه و مفید و سازنده‌ی خویش بهره‌مند نمودند. هم‌چنین سپاس و قدردانی از جناب آقای **دکتر علیرضا خصالی** که مسئولیت مشاوره‌ی پایان‌نامه را عهده‌دار بودند.

از آقایان **دکتر کوروش نوذری** و **دکتر فرشاد صحبت‌زاده** که داوری این پایان‌نامه را متقبل شدند، بسیار سپاسگزارم.

در این جا فرصت را مغتنم دانسته، از سایر اساتید گرامی که در طول تحصیلی خوشه‌چین علم و معرفت‌شان بوده‌ام قدردانی کرده و از خداوند بزرگ توفیقات روزافزون را برای این بزرگواران خواهانم.

غلامحسن یداله‌پور بالف

دی‌ماه ۹۰

تقدیم به:

همسر گرامی و فرزندان عزیزم که همواره مشوق من در راه علم و دانش بوده‌اند و با صبر و شکیبایی خود مرا در این راه یاری و همراهی کردند و از هیچ کوششی دریغ نکردند.

از خداوند بزرگ سلامتی و بهروزی و عاقبت‌بخیری را برایشان آرزومندم.

صمیمانه‌ترین سپاسگزاری

را به خانواده عزیزم

هدیه می‌کنم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: ابرهای مولکولی و آغاز شکل‌گیری ستاره

۱-۱ ابرهای مولکولی ۳

۱-۲ ابرهای تاریک ۴

۱-۳ ابرهای مولکولی غول ۵

۱-۴ ساختار ابرهای مولکولی ۶

۱- ۵ طول عمر ابرهای مولکولی ۸

۱-۶ خواص ابر مولکولی ۹

۱-۷ شرایط اولیه برای شکل‌گیری ستاره ۱۱

۱-۸ گرمایش و سرمایش ۲۴

۱-۹ درجه یونیدگی ۲۶

۱-۱۰ شروع شکل‌گیری ستارگان چگونه است ۲۹

۱-۱۱ پژوهش‌های علمی انجام شده‌ی قبلی ۲۹

فصل دوم: ناپایداری گرانشی خطی در ابرهای مولکولی لایه‌ای و رشته‌ای

۲-۱ معادلات اساسی ۳۲

۲-۱-۱ معادله پایستگی جرم ۳۳

۲-۱-۲ معادله اندازه حرکت ۳۴

۲-۱-۳ معادله پواسن ۳۶

۲-۱-۴ معادله حالت همدما و لگاتروپ ۳۷
۲-۱-۵ معادله حالت پلی‌تروپ ۳۹
۲-۲ معادلات بی‌بعد ۴۳
۲-۳ تعادل ایستا ۴۴
۲-۳-۱ تعادل هیدروستاتیکی در ابر لایه‌ای ۴۴
۲-۳-۲ تعادل هیدروستاتیکی در ابر رشته‌ای ۴۹
۲-۴ ناپایداری گرانشی ابرمولکولی لایه‌ای و رشته‌ای ۵۳
فصل سوم: تأثیر معادلات حالت بر ناپایداری گرانشی
۳-۱ تبدیل معادلات به دستگاه معادلات خطی درجه اول ۵۹
۳-۱-۱ بررسی معادله در ابر لایه‌ای ۵۹
۳-۱-۲ بررسی معادله در ابررشته‌ای ۶۱
۳-۲ روش شوتینگ ۶۲
۳-۳ روش ریلکسیشن ۶۴
۳-۴ بکارگیری روش ریلکسیشن ۶۷
۳-۴-۱ در ابر لایه‌ای ۶۸
۳-۴-۲ در ابر رشته‌ای ۷۳
۳-۵ نتیجه‌گیری ۷۸

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل صفحه

شکل (۱-۱) ۱۸

شکل (۱-۲) ۲۷

شکل (۲-۱) ۴۸

شکل (۲-۲) ۵۲

شکل (۳-۱) ۷۳

شکل (۳-۲) ۷۷

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول

جدول(۱-۱)مراحل بزرگ تحول اولیه ستارگان..... ۲

جدول(۱-۲)خصوصیات ابرهای مولکولی ۹

جدول(۱-۳)مشخصات مقادیر ویژه اندازه حرکت زاویه‌ای ۱۶

لیست علامت اختصاری

عنوان	علامت
میلیون سال	Myr
جرم خورشید	$M_{\odot}$
پارسک	PC
ماورای بنفش	UV
معادله دیفرانسیل معمولی	ODE
معادله تفاضل متناهی	FDE

چکیده

ابرهای مولکولی لایه‌ای و رشته‌ای را که در تعادل هیدروستاتیکی هستند در نظر گرفته و تغییرات چگالی آن‌ها را با معادله حالت همدما، لگاتروپ و پلی‌تروپ تعیین کردیم. با بکارگیری اختلال در این ابرها، شرایط لازم برای ناپایداری تعادل آن‌ها را مورد مطالعه قرار داده و تأثیر معادله حالت‌های فوق را بر این ناپایداری گرانشی مورد مطالعه قرار دادیم. در حالت لایه‌ای، نتیجه گرفتیم که هر چه از مرکز هسته دورتر می‌شویم، چگالی کمتر خواهد شد یعنی با افزایش شعاع نسبت عکس دارد. در حالت رشته‌ای شیب تغییرات چگالی نسبت به حالت لایه‌ای کمتر می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند که در حالت‌های لایه‌ای و رشته‌ای با افزایش طول موج، ناپایداری گرانشی بیشتر می‌گردد و در یک طول موج بحرانی، ناپایداری به بیشترین مقدار خود می‌رسد. البته، در حالت لگاتروپ، نسبت به حالت همدما، در طول موج‌های بلندتر، اندازه ناپایداری بیشتر بوده و در طول موج‌های کوتاه برعکس می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود. که در حالت پلی‌تروپ، چه در ابرلایه‌ای و چه در ابر رشته‌ای، برای نواحی داخلی ابر ناپایداری گرانشی بیشتر بوده و برای نواحی بیرونی ابرناپایداری کمتر است.

واژه‌های کلیدی: ابرهای مولکولی- شکل‌گیری ستارگان- ناپایداری گرانشی- تلاطم- معادله حالت

فصل اول

ابرهای مولکولی و آغاز شکل‌گیری ستاره

این فصل در مورد فرایندهای فیزیکی مهم، در شکل‌گیری ستاره‌های گازی، از حالت‌های ابرمولکولی می‌باشد. هر چند این مواد نسبتاً سرد و چگال‌اند، امّا خاصیت مغناطیسی داشته و دارای حرکت دورانی می‌باشند. همچنین دارای انرژی‌های تلاطمی می‌باشند، که ممکن است باعث فروپاشی ستارگان با جرم کوچک شوند.

برخی فرایندهای فیزیکی وجود دارند که در حین فروپاشی ابرهای مولکولی، آنها، این انرژی را به تدریج مصرف می‌کنند به گونه‌ای که این عمل در مدت $۱۰^۷$ سال به طول می‌انجامد.

عوامل مهم اثرگذار عبارتند از: گرمایش- سرمایش- امواج ضربه‌ای- بازدارندگی مغناطیسی- دوران- انتشار میدان مغناطیسی- تولید و نابودی تلاطم‌ها.

بعد از بررسی حالت‌های عمومی ابرهای مولکولی، در ادامه‌ی این فصل به بررسی فرایندهای فیزیکی شکل‌گیری ستارگان می‌پردازیم(با توجه به جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱ مراحل بزرگ تحول اولیه ستارگان[۱]

Phase	Size (cm)	ρ (g cm^{-3})	T (K)	Time (yr)
Star formation	10^{20}–10^{17}	10^{-22}–10^{-19}	10	10^6–10^7
Protostar collapse	10^{17}–10^{12}	10^{-19}–10^{-3}	10–10^6	10^5–10^6
Pre-main-seq. contraction	10^{12}–10^{11}	10^{-3}–1	10^6–10^7	4×10^7

۱-۱- ابرهای مولکولی

ابرهای مولکولی به عنوان چگال‌ترین اجزای محیط‌های میان ستاره‌ای هستند که از نظر اخترشناسان، بستری مناسب برای شکل‌گیری ستارگان به حساب می‌آیند.

ستارگان پرجرم، عمر کمتر از ۱۰Myr دارند و یا به عبارتی عمر آنها یک هزارم عمر جهان است. این ستارگان از گازهای میان ستاره‌ای چگالی، شکل گرفته‌اند که در بازوهای مارپیچی متراکم گشته‌اند. هم‌چنین، این ستارگان می‌توانند در نزدیکی مرکز کهکشان‌های مارپیچی مانند کهکشان راه شیری نیز شکل بگیرند.

البته، گاهی اوقات وجود گردوغبار میان ستاره‌ای باعث می‌شود که شکل‌گیری ستاره قابل مشاهده نباشد. به هر حال، گازهای تشکیل دهنده ستارگان که در بازوهای مارپیچی یا در نزدیکی هسته‌های کهکشانی هستند، در ابرهای مولکولی سنگین و چگال، متراکم می‌شوند. جوان‌ترین ستارگان به قسمت‌های چگال‌تر ابرهای مولکولی مربوط می‌شوند که به هسته معروف بوده و به نظر می‌رسد که ستارگان به صورت گروه‌های ستاره‌ای، در این قسمت از ابرها شکل می‌گیرند [۲]. اصطلاحاً، به هر ناحیه از یک ابر مولکولی بزرگ که چگالی در آنجا نسبتاً بیشتر است، کپه گفته شده و به قسمت‌های چگال درون یک کپه‌ی خود- گرانش هسته می‌گویند که در اثر رمبش گرانشی می‌تواند منجر به شکل‌گیری ستاره شود [۳].

در بررسی‌های رصدی اخترشناسان معلوم شده است که ابرهای مولکولی را می‌توان به دو گروه، ابرهای مولکولی تاریک[1] و ابرهای مولکول غول[2] رده‌بندی کرد. ستارگان پرجرم از ابرهای سنگین و ستارگان کم‌جرم از ابرهای با جرم کمتر درون این دو نوع ابرهای مولکولی به وجود می‌آیند. وقتی بحث ابر مولکولی مطرح می‌شود که دمای ابرهای میان ستاره‌ای پائین باشد. در واقع، با افزایش دما عناصر یونیده در آنها بیشتر شده و با کاهش دما کسر نسبی عناصر مولکولی بیشتر می‌شود.

---

[1] - Dark Clouds
[2] - Giant molecular clouds

۱-۲- ابرهای تاریک

ابرهای تاریک که از جنس ابرهای بین ستاره‌ای می‌باشند، از گردو غبار کافی برخوردار هستند به گونه‌ای که نور ستارگان را در درون و پشت خود محو می‌کنند. ابرهای تاریک، نوعی از ابرهای مولکولی با چگالی حدود $۱۰^{۳}\,cm^{-۳}$ و دمای در حدود $۱۰k$ می‌باشند. محدوده جرم این گونه ابرها از ده تا صد برابر جرم خورشید می‌باشد.

در نزدیکی ابرهای تاریک، ستارگان جوان کم‌نوری دیده می‌شوند که در بین آن‌ها، ستارگان T-Tauri متمایزند و تغییرپذیر بودن خصوصیاتشان، آن‌ها را به ابرهای تاریک نسبت داده است. تا بندگی ذاتی نسبتاً بالای آن‌ها که به دلیل بالا بودن دمایشان است نشان می‌دهد که آن‌ها جوان بوده و نوعاً دارای عمری در حدود $1Myr$ می‌باشند[۴].

ستارگان T-Tauri، جوان‌ترین ستارگان قابل رصد هستند و به عنوان پیش ستارگان رشته اصلی که مرکز آن‌ها هنوز به اندازه کافی برای مشتعل شدن هیدروژن، داغ نشده است محسوب می‌شوند. بعضی از این ستارگان جوان در ابرهای کوچک تاریک و چگال جای گرفته‌اند. ابرهای تاریک را می‌توان با استفاده از تکنیک‌های رادیویی ناشی از مولکول‌های مانند CO و همچنین با استفاده از تکنیک‌های مادون قرمز ناشی از گردوغبار مورد بررسی قرار داد. در واقع، بسیاری از ابرهای کوچک، به اندازه کافی دارای چگالی می‌باشند که گرانش بتواند آن‌ها را در برابر فشار گاز، با یکدیگر نگه داشته تا برای تبدیل به ستاره یا ستارگان، رمبش کرده و آن‌ها را به عنوان جایگاه شکل‌گیری ستاره حفظ نماید[۵].

در نمودار هرتسپرونگ- راسل، ستارگانی که بر روی خطی واقع شده و دمای آن‌ها با تابندگی‌شان متناسب باشند (به گونه‌ای که هر چه دما بالا رود تابندگی بیشتر شود)، به این مسیر تجمع ستارگان، رشته اصلی می‌گویند. ستارگانی که خارج از رشته اصلی واقع می‌شوند، که دما با تابندگی ارتباط مستقیم ندارد مانند

غول‌های قرمز و کوتوله‌های سفید. در غول قرمز اگرچه دما کم می‌باشد ولی تابندگی زیاد است و لذا به رنگ قرمز می‌باشد. ولی در کوتوله‌های سفید دما زیاد است ولی تابندگی کم می‌باشد و لذا به رنگ آبی می‌باشند.

ستارگان جوان، ستارگانی هستند که هیدروژن سوزی آنها شروع شده و تازه به رشته اصلی ورسیده‌اند. این ستاره‌ها در صفحه کهکشان قرار داشته و عناصر فلزی خوبی دارند.

۱-۳- ابرهای مولکولی غول

ابرهای مولکولی غول به عنوان محل شکل‌گیری ستارگان سنگین و خوشه‌های ستاره‌ای در کهکشان محسوب می‌شوند و لذا دارای اهمیت فراوانی هستند. ابرهای مولکولی غول، دارای ساختار داخلی بوده و از کپه‌ها و هسته‌ها تشکیل یافته‌اند.

ابرهای مولکولی اساساً از مولکول‌های H_2 تشکیل شده‌اند اما رصد این مولکول‌ها دشوار است. مولکول فراوان دیگر مونوکسید کربن CO است که هم در گسیل و هم در جذب امواج رادیویی قابل رصد می‌باشد. وجود چنین مولکول‌هایی در فضای میان ستاره‌ای با وجود اثرات مخرب تابش فرابنفش جالب توجه است. گرچه فوتون‌های فرابنفش نفوذ زیادی دارند، امّا مولکول‌های هیدروژن موجود در سطح یک ابرمولکولی، اجازه نفوذ این فوتون‌ها به درون ابرمولکولی را نمی‌دهد. بنابراین یونیدگی در سطح یک ابرمولکولی، مربوط به فوتون‌های فرابنفش می‌باشد [۶].

بعضی از ویژگی‌های ابرهای مولکولی غول توسط لارسون[1] در سال ۱۹۸۱ دسته‌بندی شد که به نام قوانین لارسون معروف شده است. در بیان قانون اول که رابطه بین پهنای خط تابشی و اندازه‌ی ابر است، بر این مسأله اشاره دارد که در ابرهای مولکولی، اغتشاش‌های فرا صوتی با پهنای سرعت ΔV وجود دارد که به صورت توانی بر حسب اندازه R، با رابطه‌ی $\Delta V \alpha R^P$ ارتباط دارند که در آن مقدار P تقریباً برابر ۰/۳۸ می‌باشد [۷].

[1] - larson. B. R

قانون دوم لارسون نیز بیان می‌دارد که ابرهای مولکولی غول و نیز کپه‌های درون آن‌ها، به طور گرانشی با هم در ارتباط‌اند. البته این استنتاج برای کپه‌های CO فقط در ابرهای غول سنگین درست می‌باشد[۸].

قانون سوم لارسون نیز بر این نکته تأکید می‌کند که همه ابرهای مولکولی غول، تقریباً چگالی پایه‌ی یکسانی دارند. ابرهای مولکولی، مشخصات جالب دیگری دارند، از جمله این‌که دارای میدان مغناطیسی هستند که از لحاظ دینامیکی بسیار مهم می‌باشند.

۱-٤- ساختار ابرهای مولکولی

بررسی گازهای مولکولی در کهکشان‌ها نشان می‌دهد که آن‌ها نوعاً به صورت اجتماعات بزرگ یا به صورت حلقه‌های مارپیچی، متراکم شده‌اند. همچنین، محاسبات نشان می‌دهند که بزرگی آن‌ها تا چند کیلوپارسک و جرم شان تا حدود $۱۰^{۷} M_{sun}$ می‌رسد[۹].

این اجتماعات، شامل چند ابرمولکولی غول می‌باشد که هر کدام دارای بزرگی از مرتبه چند صد پارسک و جرمی در حد $۱۰^{۶} M_{sun}$ می‌باشند. این ابرها، خود از ساختارهای کوچکتری تشکیل شده‌اند و ممکن است به صورت رشته‌ای یا کپه‌ای در مقیاس مختلف وجود داشته باشند[۱۰]. زیرساختارهایی در ابرهای مولکولی غول نظیر کپه‌های سنگین پیدا شده است که اندازه آن‌ها در حد چندین پارسک و جرم آن‌ها هزاران جرم خورشیدی می‌باشد. احتمالاً تمام خوشه‌های ستارگان درون این کپه‌ها تشکیل می‌شوند. این کپه‌ها شامل هسته‌های چگال با اندازه‌ای از مرتبه $۰/۱ Pc$ و جرم $۱ M_{sun}$ می با شد و ممکن است ستارگان اولیه یا سیستم‌های چندتایی کوچک، از آن‌ها شکل گرفته باشند[۵]۰

ابرهای مولکولی، چگال‌ترین بخش محیط‌های میان ستاره‌ای محسوب شده و معمولاً با پوششی از گازهای اتمی با چگالی کمتر احاطه می‌گردند. از آنجایی که مولکول‌های هیدروژن بر سطح دانه‌های گردوغبار

تشکیل می‌گردند، لذا آهنگ این فرایند، با افزایش چگالی گردوغبار افزایش می‌یابد. بنابراین فراوانی مولکول‌ها مستقیماً با چگالی ذرات گردوغبار ارتباط دارد. به علاوه کدری وابسته به گردوغبار در ابرها، باعث بقای این مولکول‌ها می‌شود چون از تجزیه مولکول‌ها در مقابل پرتوهای فرابنفش محافظت می‌کند. برای اینکه مولکول‌ها در مقابل پرتوهای فرابنفش محافظت شوند، باید چگالی ابر، حداقل $۲۰M_{sun}pc^{-۲}$ باشد [۱۱]. البته، میانگین چگالی بیشتر ابرهای مولکولی، خیلی زیادتر از مقدار فوق می‌باشد و بنابراین می‌توانند به بقای خود ادامه دهند.

اگرچه چگالی ابرهای مولکولی نسبت به سایر اجزای محیط‌های میان ستاره‌ای بیشتر می‌باشد، اما بزرگی آن از چگالی بهترین خلاء که در آزمایشگاه ایجاد می‌شود، بسیار کمتر است. چگالی متوسط یک ابر مولکولی غول، از مرتبه $۲۰H_۲cm^{-۳}$ می‌باشد. همچنین، کپه‌های چگال‌تر درون آن، دارای چگالی متوسطی از مرتبه‌ی $۱۰^۳H_۲cm^{-۳}$ هستند. درون هر کپه، هسته‌هایی وجود دارد که محل تولد پیش ستاره‌ها بوده و دارای چگالی متوسط $۱۰^۵H_۲cm^{-۳}$ و یا بیشتر می‌باشند.

در چنین ابرهایی با چگالی زیاد و دمای کم، اثر خود- گرانش نقش مهمی را ایفا کرده و می‌تواند بر فشار حرارتی غلبه نماید. اگر فشار حرارتی موفق به مخالفت با نیروی گرانش نشود، انتظار می‌رود که هسته‌های ابرهای مولکولی، به صورت سریع و موثری، برای تبدیل به ستارگان رمبش نمایند.

در واقع، بیشتر ابرهای مولکولی که تا کنون رصد شده‌اند، در حال رمبش و شکل‌گیری ستاره می‌باشند. این حقیقت هنوز به عنوان یک معما باقی مانده است که با وجود غلبه شدید گرانش بر فشار حرارتی، چرا فقط درصد کمی از جرم ابرهای مولکولی می‌توانند به ستاره تبدیل شوند. البته، دیدگاه‌هایی هم چون اثرات میدان مغناطیسی و تلاطم موجود درابرها ارائه شده‌اند که در برابر گرانش بوده و مانع رمبش سریع می‌گردند. این دیدگاه‌ها از نتایج رصدی بوجود آمده‌اند چون ساختار رصد شده‌ی ابرهای مولکولی، وجود هیچ‌گونه پیکربندی متعادلی را نشان نمی‌دهد. درک ساختار پیچیده‌ی ابرهای مولکولی برای فهم شکل‌گیری ستارگان و سیستم‌های

ستاره‌ای بسیار مهم می باشد. برای مثال به نظر می‌رسد که ستارگان در یک نظم طبقه‌بندی شده شکل گرفته‌اند که شامل گروه‌های کوچک‌تر در داخل گروه‌های بزرگتر می‌باشند. در واقع، این طبقه‌بندی مربوط به ساختار سلسله مراتبی[1] و احتمالاً شبه گسسته[2] پیش ستاره‌ای می‌باشد[۱۲]. همچنین جرم ستارگان مستقیماً از هسته‌ی ابرهای پیش ستاره‌ای ناشی می‌شود چون توزیع جرم ستارگان، خیلی شبیه به توزیع جرم هسته‌های موجود در ابرهای مولکولی می‌باشد[۱۳].

۱-۵- طول عمر ابرهای مولکولی

شواهد مربوط به عمر و تحول ابرهای مولکولی توسط عمر ستارگان و خوشه‌های ستاره‌ای که اخیراً متولد شده‌اند تعیین می‌شود. ابرهای مولکولی نمی‌توانند بیشتر از زمان شکل‌گیری ستارگان درون آن دارای ساختار ثابتی باشند. گستره‌ی عمر ستارگان و خوشه‌ها بیش از حدود ۱۰Myr نمی‌باشد که تقریباً زمان دینامیکی و زمان‌گذار یک ابرمولکولی غول است. بدین ترتیب ستارگان و خوشه‌هایی که عمر آن‌ها بیشتر از ۱۰Myr باشد مربوط به هیچ یک از گازهای مولکولی موجود در حال حاضر، نمی‌شوند[۱۴].

بررسی واکنش‌های شیمیایی ابرهای مولکولی نشان می‌دهد که آن‌ها جوان بوده و دارای عمرکوتاهی از مرتبه ۱Myr و یا کمتر می‌باشند. تحقیقات و مطالعات ثابت می‌کنند ابرهای مولکولی و هسته‌های آن‌ها از لحاظ شیمیایی زیاد دچار تغییر و تحول نمی‌شوند[۱۵].

بنابراین شواهد نشان می‌دهد که ابرهای مولکولی دارای ساختار ناپایداری هستند که شکل می‌گیرند، تحول می‌یابند و سریعاً از بین می‌روند و همه‌ی این پدیده‌ها در مدت زمان قابل قیاس بازمان‌گذار حرکات متلاطم درونی آن‌ها می‌باشد.

---

[1] - hierarchical
[2] - fractal- like

۱-٦- خواص ابرمولکولی

رصد کردن گاز مولکولی در کهکشان ما می‌تواند نشان دهنده‌ی فاصله بین هسته‌های ابرهای مولکولی باشد. نتایج رصدی نشان می‌دهند که فاصله آنها حداکثر ۲۰pc و حداقل ۰/۰۵pc است.

این ابرها، شامل ابرهای مولکولی خوشه‌ای و رشته‌ای می‌باشند.

خواص کلی مقیاس‌ها در جدول ۱-۲ آمده است.

جدول ۱-۲- خصوصیات ابرهای مولکولی[۱]

	Giant molec. cloud	Molecular cloud	Molecular clump	Cloud core
Mean radius (pc)	20	5	2	0.08
Density $n(H_2)$ (cm^{-3})	100	300	10^3	10^5
Mass ($M_\odot$)	10^5	10^4	10^3	10^1
Linewidth ($km\,s^{-1}$)	7	4	2	0.3
Temperature (K)	15	10	10	10

در حقیقت هر ساختار تعیین کننده خواص ابرهای مولکولی است [۱۶].

خوشه‌ای بودن ابرهای مولکولی می‌تواند توسط فاکتور حجم، f_f، تشخیص داده شود.

اگر چگالی ذرات یکی از مولفه‌های ابرمولکولی، n باشد (برحسب cm^{-3})، فاکتور حجم به صورت $f_f = \frac{< n >}{n}$ تعریف می‌شود که در آن <n> میانگین چگالی کل ابر است.

در مرکز ابرمولکولی یعنی آن جائی است که شکل‌گیری ستاره رخ می‌دهد که $n > ۱۰^۵ cm^{-۳}$ است که در این صورت فاکتور حجم در حدود ۰/۰۰۱ خواهد بود.

در مقیاس ابرهای مولکولی غول، با توجه به جرم تقریبی داده شده، می‌توان انرژی پتانسیل گرانشی را محاسبه کرده و دریافت که قدر مطلق آن از مقدارانرژی گرمائی بیشتر است. بنابراین، ابرها مشخصاً دارای نیروی جاذبه قوی بوده، ومعمولاً نمی‌توانند از هم جدا شوند.