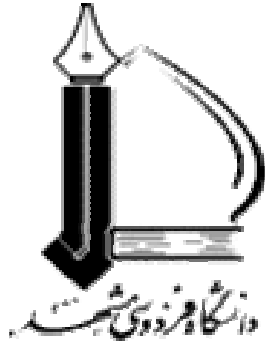


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک
گرایش اختر فیزیک و نجوم رصدی

عنوان:

بررسی ساختار دینامیکی و یونیدگی سحابی سیاره نمای NGC6369

توسط خطوط طیفی

استاد راهنما:

دکتر جمشید قنبری

نگارش:

سکینه رضایی کهخایی

شهریور ۸۸

من به سرچشمه خورشید نه خود
بردم راه

ذره
ای بودم و مهر تومرا بالا برد

توانا بود

هر که دانا بود

زدانش دل پیر برنا بود

نخستین سپاس به پیشگاه حضرت
دوست که هر چه هست از
اوست.

سپاس از:

- راه روح مادرم و عزیز
عالیقدرم پدرم؛ که هرچه دارم؛
بعد از خدا ، مرهون لطف این
دو بزرگوار است.
- هم سایه دل؛ همسر و نوازشگر
روح؛ ثمن.
- استاد محترم؛ آقای دکتر قنبری
که اگر راهنمایی های ایشان
نبود راه به جایی
نمی بردم.

- وسپاس به پیشگاه عزیزانی که
از سر اخلاص، رخصت بردن
نامشان را به من ندادند.
نامشان زمزمه نیمه شبم خواهد
بود
تا نگویند که از یاد
فراموشان اند

چکیده

ما در این کار برای توصیف ساختار یونیدگی و دینامیکی سحابی سیاره نمایی NGC6369 از الگوی برهم کنش دو باد ستاره ای استفاده کرده ایم. در اثر برخورد باد سریع با ابر باد، یک لایه چگال و دو موج ضربه ای شکل می گیرد. این پوسته تابان همان سحابی سیاره نمایی باشد. معادلات حرکت این سحابی سیاره نما را حل می کنیم.

برای ابر باد آهنگ کاهش جرم 10^{-5} و سرعت اولیه 10 km/s را پیشنهاد می کنیم. سپس شعاع داخلی (0.18 pc)، شعاع خارجی (0.29 pc) و عمر دینامیکی آن (6000 yr) را به دست می آوریم.

سپس ما کمیت های دیگر نظیر شدت خطوط طیفی، جرم سحابی، سرعت انبساط و... را به دست می آوریم.

فهرست مطالب

فصل اول

- ۱۰ سحابی های سیاره نما
- ۱۰ ۱-۱ مقدمه
- ۱۱ ۲-۱ سحابی های گازی
- ۱۱ ۱-۲-۱ سحابی های پراکنده (نواحی HII)
- ۱۱ ۱-۲-۲ سحابی های سیاره نما
- ۱۲ ۱-۳ تحول سحابی های سیاره نما
- ۱۳ ۱-۳-۱ تحول قبل از جدایش از ستاره مرکزی
- ۸ ۱-۳-۲ تحول از زمان جدایش سحابی از ستاره مرکزی
- ۱۵ ۴-۱ تحول ستاره مرکزی
- ۱۸ ۵-۱ اشکال سحابی های سیاره نما
- ۲۰ ۶-۱ انبساط سحابی های سیاره نما
- ۲۴ ۷-۱ سرعت شعاعی سحابی های سیاره نما
- ۲۵ ۸-۱ توزیع سحابی های سیاره نما در کهکشان خودی
- ۲۶ ۹-۱ سحابی های سیاره نما در دیگر کهکشان ها

فصل دوم

- ۳۰ خطوط طیفی
- ۲۲ ۱-۲ مقدمه
- ۳۰ ۲-۲ طیف سحابی های گازی
- ۳۳ ۲-۳ خطوط طیفی در سحابی های سیاره نما
- ۳۴ ۲-۳-۱ خطوط نشری در سحابی های سیاره نما

۳۴ ۲-۳-۲ طیف پیوستار سحابی های سیاره نما

۳۵ ۲-۳-۳ طیف رادیویی

۳۵ ۲-۴ محاسبه شدت خطوط طیفی

۳۵ ۲-۴-۱ فوتیونیدگی یک سحابی هیدروژنی خالص

۳۹ ۲-۴-۲ فوتیونیدگی یک سحابی شامل هیدروژن و هلیم

۴۲ ۲-۴-۳ فوتیونیدگی عناصر سنگین در سحابی

فصل سوم

۴۴ دینامیک سحابی های سیاره نما

۳۴ ۳-۱ مقدمه

۴۵ ۳-۲ فرآیندهای فیزیکی در محیط های میان ستاره ای

۴۵ ۳-۲-۱ یونیدگی محیط میان ستاره ای

۴۷ ۳-۲-۲ انفجارات ابرنواخترها و بادهای ستاره ای

۴۹ ۳-۳ اثر باد ستاره ای بر دینامیک محیط میان ستاره ای

۵۲ ۳-۴ دینامیک سحابی های سیاره نما

۵۵ ۳-۵ هیدرو دینامیک سحابی های سیاره نما

۵۶ ۳-۶ پایداری پوش های گازی

۶۲ ۳-۷ پایداری سحابی های سیاره نما

۶۳ ۳-۸ حرکت سحابی های سیاره نما در محیط میان ستاره ای

فصل چهارم

۶۵ ساختار سحابی های سیاره نما

۶۵ ۴-۱ مقدمه

۶۵ ۴-۲ دمای هسته سحابی های سیاره نما

۶۵ ۴-۲-۱ روش باز ترکیب (اولین روش Zanstra)

۶۷ ۲-۲-۴ Nebulium (دومین روش Zanstra)

۶۷ ۳-۴ فاصله و ابعاد سحابی های سیاره نما

۶۸ ۱-۳-۴ روش اختلاف منظر انبساطی

۶۹ ۲-۳-۴ روش کاهش با لمر

۷۰ ۳-۳-۴ روش جرم ثابت

۷۲ ۴-۴ جرم سحابی های سیاره نما

فصل پنجم

۷۵ بررسی الگوی ارائه شده جهت ساختار یونیدگی و دینامیکی سحابی های سیاره نما

۷۵ ۱-۵ مقدمه

۷۵ ۲-۵ الگوی برهم کنش دو باد ستاره ای

۷۹ ۳-۵ اعتبار پایستگی انرژی

۸۰ ۴-۵ اثرات تابش یونیده کننده

فصل ششم

۸۵ نتایج و پیشنهادات

۶۷ ۱-۶ مقدمه

۸۵ ۲-۶ محاسبه شعاع و سرعت سحابی

۹۱ ۳-۶ تخمین عمر دینامیکی، فاصله سحابی، شعاع داخلی و خارجی

۹۴ ۴-۶ کسر یونیدگی

۹۷ ۵-۶ شدت خطوط طیفی

۹۸ ۶-۶ تخمین جرم ناحیه یونیده

۸۴ **Error! Bookmark not defined.** ۷-۶ تعیین فاصله سحابی

۱۰۴ ۸-۶ محاسبه سرعت انبساط

۸۷ ۹-۶ بحث و نتیجه گیری

۹۱ ۱۰-۶ پیشنهادات

فصل ۱

سحابی های سیاره نما

۱-۱ مقدمه

ستاره شناسان حدود دویست سال قبل در آسمان شب اجرام غبار مانندی را رصد کردند که با هیچ یک از دسته بندی های گذشته - سیاره، ستاره و دنباله دار - مطابقت نمی کرد؛ آنها این اجرام غبار مانند را سحابی نامیدند.

اولین بار Messier منجم فرانسوی در سال ۱۷۷۱ میلادی کاتالوگی شامل ۱۰۳ سحابی را منتشر کرد [18] پس از Messier، William Herschel؛ منجم انگلیسی؛ باتلسکوپ ۳۰ و ۴۸ سانتیمتری طی هفت سال ۲۰۰۰ سحابی تازه را کشف نمود. Herschel در سال ۱۷۸۵ میلادی از روی مشاهدات به تقسیم بندی سحابی ها پرداخت [9].

یک دسته از این سحابی ها را سحابی های سیاره نما می نامند، علت نامگذاری به این دلیل است که از طریق تلسکوپ همانند یک قرص سبز رنگ؛ شبیه سیارات؛ دیده می شوند.

در سال ۱۸۴۶ میلادی William Huggins برای اولین بار بر روی سحابی سیاره نمای NGC 6543 طیف سنجی انجام داد [9]. Huggins به مدت یک سال بر روی سحابی سیاره نمای NGC 6543 طیف سنجی نمود. در کمال ناپاوری در طیف آن تنها یک خط روشن وجود داشت. این خط روشن نشان دهنده وجه تمایز میان نور ستاره ای و نور حاصل از محیط گازی بود. در سال ۱۸۵۶ میلادی با بالا رفتن قدرت تفکیک طیف سنجی، Huggins با کار بیشتر بر روی طیف توانست یک خط روشن را به سه خط روشن مجزا تفکیک نماید. اولین خط، خط بالمر هیدروژن ($H\beta$) بود؛ در حالی که دو خط دیگر که شدت آنها نیز زیاد بود؛ شناسایی نشد و او تصور کرد که به عنصر جدیدی دست یافته و آن را نبلیم نامید. خط ناشناخته دیگر در رنگین سپهر خورشید دیده شد که بعدها به عنصر کرونیوم نسبت داده شد.

در سال ۱۹۱۷ میلادی Curtis سحابی ها را به سه دسته طبقه بندی نمود: سحابی های گسترده، سحابی های سیاره نما و سحابی های مارپیچی [6].

۱-۲ سحابی های گازی

سحابی های گازی به عنوان اجرام منبسط شده درخشان در آسمان مشاهده شده اند. آنها با داشتن بالاترین درخشندگی سطحی؛ به آسانی بر روی تصاویر مستقیم و یا حتی در عدسی چشمی تلسکوپ مشاهده شده اند. برخی دیگر از سحابی-ها دارای روشنایی کمتری هستند و یا به علت تاثیر پذیری از خاموشی بین ستاره ای، در تصاویر معمولی کم رنگ هستند. منبع اصلی انرژی نشر شده توسط سحابی، تابش های فرابنفش جرم مرکزی سحابی می باشد. در واقع جسم مرکزی سحابی یک یا چند ستاره داغ با دمای سطحی بالاتر از $k \times 10^4 \times 3$ می باشد، که فوتون های پر انرژی آن توسط پدیده فوتیونیدگی منبع نشر انرژی می باشند. به طور کلی سحابی های گازی به دو نوع اصلی تقسیم میشوند: سحابی های گسترده (نواحی HII) و سحابی های سیاره نما.

۱-۲-۱ سحابی های پراکنده (نواحی HII)

سحابی هایی هستند که جسم مرکزی آنها ستارگان نوع B، O یا P، PO می باشند. به علت دمای بالای این ستارگان ($50000 < T < 30000$) در سرتاسر این سحابی ها هیدروژن کاملاً یونیده می باشد. البته عناصر دیگر تا چندبار یونیده نیز در این محیط ها دیده شده اند. حرکت های داخلی گاز در این نواحی با سرعت حدود 10 km/s مشاهده شده اند. طیف این نواحی به علت فراوانی زیاد هیدروژن های یونیده شامل خطوط باز ترکیبی HI بوده و در دماهای بالاتر خطوط ممنوعه [NII] و [OII]، [OIII] و 000 نیز دیده شده اند. جرم نمونه ی نواحی HII حدود $(10^4 - 10^2)$ برابر جرم خورشید می باشد [8].

۱-۲-۲ سحابی های سیاره نما

سحابی های سیاره نما پوسته ای از گاز های تابان هستند که از ستاره مرکزی جدا شده اند. ستاره مرکزی آنها ستارگان پیر (نوع O) با قدر بین ۳- تا ۵+ می باشند. این ستارگان به طور سریعی به سمت کوتوله های سفید در حال تحول هستند و پوسته سحابی با سرعت نمونه حدود 25 km/s در حال انبساط می باشد [8]. این انبساط به علت نیروی گرانش کم ستاره مرکزی اتفاق می

افتد. در واقع سحابی های سیاره نما متعلق به دسته ای از اجرام کهکشانی است که شکل و ساختار فضایی آنها تحت تاثیر هیچ نیروی گرانشی - حتی خود گرانش سحابی - قرار نمی گیرد. قدر مطلق انرژی پتانسیل سحابی خیلی کمتر از انرژی جنبشی انبساطش یا انرژی حرارتی پلاسما می باشد. تغییرات تحولات اتفاق افتاده در طول یک دوره زمانی بوسیله اثر همزمان نیروهای داخلی، فشار تابشی و نیروهای الکترو مغناطیسی توصیف می شوند [11].

جرم نمونه ای این اجرام ($1 - 10^{-1}$) برابر جرم خورشید می باشد [8].

۱-۳ تحول سحابی های سیاره نما

تشکیل سحابی های سیاره نما در مراحل نهایی تحول ستارگان صورت می گیرد. اولین بار در سال ۱۹۵۶ میلادی Shklovskii تشکیل سحابی های سیاره نما از ستارگان غول قرمز را مطرح کرد [34]. تایید این نظریه بر پایه مشاهدات است. غول های قرمز در قسمت فوقانی شاخه مجانبی غول (AGB)، بیشترین شباهت فیزیکی را به نمونه های اولیه سحابی های سیاره نما دارند. مواد تشکیل دهنده ستاره مرکزی سحابی های سیاره نما در مراحل بعدی تحول، با هسته کربنی و اکسیژنی این ستارگان در توافق است.

در نتیجه می توان فرض نمود که گسترش جو غول قرمز هسته ای از خود به جا می گذارد که ستاره مرکزی سحابی را تشکیل می دهد و در فرآیند انبساط جو غول قرمز، پوسته ای از گازها - که آن را سحابی می نامیم - تشکیل می گردد.

گواه دیگر پیدایش سحابی ها از جو ستارگان غول قرمز بر پایه سرعت انبساط آنها می باشد. اگر فرض کنیم سحابی های سیاره نما پوسته ای گازی شکل می باشند که از ستاره ای جدا شده اند، بنابراین باید سرعت اولیه این پوسته حداقل با سرعت فرار از حوزه گرانشی ستاره اولیه برابر باشد. با این فرض سرعت انبساط از اختلاف انرژی جنبشی اولیه و انرژی لازم برای فرار تعیین می شود. اگر انرژی جنبشی اولیه دامنه نامحدودی داشته باشد، پس از کم نمودن انرژی جنبشی لازم برای فرار از حوزه گرانشی که محدود می باشد، انرژی به دست آمده دامنه نامحدودی خواهد داشت و در نتیجه سرعت انبساط نا محدود خواهد بود. در نتیجه باید سرعت فرار از ستاره های اولیه سحابی ها، قابل مقایسه با سرعت انبساط آنها باشد. در عمل مقادیر سرعت انبساط مشاهده شده برای سحابی ها بین $40 - 100$ km/s قرار دارد.

سرعت فرار از ستاره ای به جرم خورشید و شعاع R از رابطه زیر به دست می آید:

$$V_{esc} = 618(R / R_{sun})^{-1/2} km / s \quad (1-1)$$

با توجه به معادله (1-1) سرعت فرار از حوزه گرانشی ستاره های کوچک بزرگ می باشد، پس این ستارگان نمی توانند باعث تشکیل سحابی گردند. درحالی که برای ستاره هایی با شعاع بین ۱۰۰-۲۰۰ برابر شعاع خورشید، سرعت فرار در محدوده سرعت انبساط سحابی ها واقع می گردد؛ که این شعاع مربوط به غول های قرمز است. با این دلایل می پذیریم که سحابی ها از جو غول قرمز تشکیل می- گردند.

تاقبل از Remers محاسبات تحولی ستارگان بر شاخه مجانبی غول های قرمز (AGB) با چشم پوشی از آهنگ کاهش جرم انجام می شد، اما در سال ۱۹۷۵ میلادی Remers با استفاده از پارامترهای تابندگی، شعاع و شدت میدان گرانشی غول قرمز یک فرمول تجربی برای محاسبه آهنگ کاهش جرم ارائه نمود [8]:

$$\begin{aligned} \dot{M} &= -4 \times 10^{-13} (L / L_{SUN}) (g / g_{SUN})^{-1} (R / R_{SUN})^{-1} \\ &= -1.4 \times 10^{-5} (L / L_{SUN})^{1.5} (m / m_{SUN})^{-1} T_{eff}^{-2} \\ &= -3.2 \times 10^{-13} (L / L_{SUN})^{1.66} (M_{sun} / yr)^{-1} \end{aligned} \quad (2-1)$$

شواهدی وجود دارد که نشان می دهد کاهش جرم غول قرمز با آهنگی بیشتر از $10^{-5} M_{sun}/yr$ می باشد.

تحول سحابی های سیاره نما را به دو دوره تقسیم می کنیم:

الف- تحول قبل از جداسدن از ستاره مرکزی (تحول اجرام پیش سحابی)

ب- تحول از زمان جداسدن سحابی از ستاره مرکزی (تحول ستاره مرکزی)

۱-۳-۱ تحول قبل از جداسدن از ستاره مرکزی

الگوی ساده مسیرهای تحولی اولین بار توسط Paczynski در سال ۱۹۷۵ میلادی پیشنهاد شد [24] و در سال ۱۹۸۳ میلادی توسط Schonberner تکمیل گردید [32]. ستاره مرکزی سحابی های سیاره نما به سمت کوتوله سفید در حال تحول هستند. این موضوع با توجه به موقعیت کوتوله های سفید در نمودار H-R؛ که دنباله مسیر تحولی ستارگان پیرمی باشند، و مقایسه آهنگ تشکیل کوتوله های سفید و سحابی های سیاره نما؛ که با آهنگی حدود $10^{-12} \text{ pc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ \times ۱/۵ در نواحی حدود ۱ kpc از خورشید تشکیل می گردند، نتیجه می گردد [29].

قبل از اینکه ستاره به سحابی سیاره نما تبدیل شود، ستاره شامل هسته کربن - اکسیژن تبهگن و منقبضی می باشد که این هسته توسط پوسته داخلی هلیوم سوز و پوسته خارجی هیدروژن سوز احاطه شده است. پوسته هلیومی از لحاظ حرارتی در مقیاس زمانی τ ناپایداری می باشد. با توجه به محاسبات Paczynski [24]، τ از رابطه زیر به دست می آید:

$$\log \tau(\text{year}) = 7.5 - 4.5(M_{co} / M_{sun}) \quad (3-1)$$

که M_{co} جرم هسته می باشد، در نتیجه τ فقط به جرم هسته کربن - اکسیژن وابسته است و به جرم پوش بستگی ندارد.

به علت جرقه های آبی، یک یا چند پوسته خارجی ستاره دفع می گردد و جرم پوش اطراف هسته مرکزی کاهش می یابد. هنگامی که جرم پوسته هیدروژنی کاهش پیدا می کند، ستاره منقبض شده و در تابندگی ثابت به طرف نواحی با دماهای بالاتر؛ ناحیه آبی در نمودار H-R، حرکت می کند. این عمل تا رسیدن به دمای موثر بیشینه T_{max} ؛ که آن نیز فقط تابع جرم هسته است، ادامه پیدا می کند. T_{max} از رابطه زیر محاسبه می گردد [25]:

$$\log T_{max} = 4.6 + (M_{co} / M_{sun}) \quad (4-1)$$

در این زمان ستاره مرکزی سحابی در حال تبدیل شدن به کوتوله سفید خواهد بود. باید توجه داشته باشیم که ستاره های با جرم بیشتر در دوره اولیه سریعتر متحول می گردند به طوری که مطالعه آن ها مشکل تر می باشد.

۱-۳-۲ تحول از زمان جد شدن سحابی از ستاره مرکزی

مشاهدات نشان می دهد که کاهش جرم پس از گرم شدن هسته هم ادامه دارد و آهنگ کاهش جرم به دمای ستاره وابسته است و آهنگ کاهش جرم حتی به $10^{-7} M_{\text{sun}} / \text{yr}$ و سرعت آن به 2000 km/s نیز می رسد [13]؛ چنین باد شدیدی باد سریع نامیده می شود که عامل اساسی در تحول دینامیکی سحابی های سیاره نما به شمار می رود .

Kwok نشان داد که برهم کنش باد سریع با ابرباد؛ باد آرامی که از هسته سحابی سیاره نما شروع شده است، پاسخی برای تحول دینامیکی سحابی های سیاره نما می باشد [9] .

۱-۴ تحول ستاره مرکزی

از آنجایی که در تابندگی های زیاد ، کاهش جرم باعث کاهش جرم کل شده و در نتیجه بر تحول تاثیر گذاری باشد، پس ما در اینجا تحول ستارگان مرکزی همراه با کاهش جرم را مطالعه می کنیم .

اکنون به حالت تحولی ستاره هایی با یک یا چند پوسته و هسته متراکم می پردازیم؛ مقیاس زمانی تحول τ را به صورت زیر تعریف می نمایم [8] :

$$1/\tau = \dot{q}/q \quad (5-1)$$

با معرفی پارامتر $q = M_{co}/M$ ؛ که M_{co} جرم هسته و M جرم کل می باشد، این مقیاس زمانی تحول به صورت زیر نوشته می شود:

$$1/\tau = (\dot{M}_{co}/M_{co}) - (\dot{M}/M) \quad \text{و} \quad \dot{M} < 0 \quad (6-1)$$

جمله اول نشان دهنده افزایش نسبی جرم هسته مرکزی در نتیجه هیدروژن سوزی در پوسته می باشد، و جمله دوم نشان دهنده کاهش نسبی جرم کل است .

برای کاهش جرم فرمول تجربی Remers؛ معادله (۲-۱) ، را در نظرمی گیریم . از طرفی اگر در پوسته هیدروژن سوزی رخ دهد، آهنگ افزایش جرم هسته را به صورت زیر در نظر می گیریم :

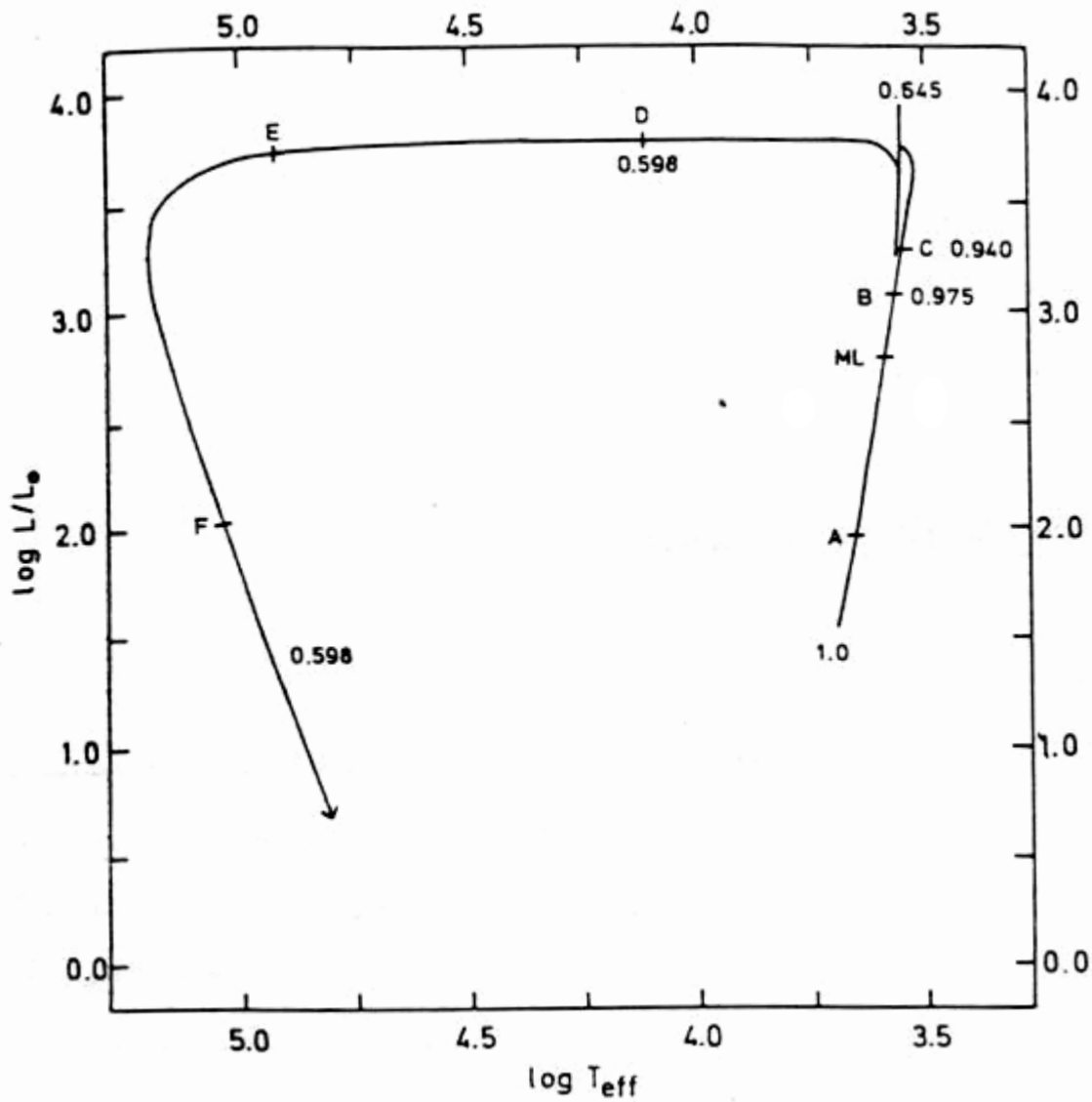
$$\dot{M}_{co} = 1.5 \times 10^{-11} (L/L_{sun}) \quad M_{sun} / \text{yr} \quad (7-1)$$

اگر این مساله در تابندگی های زیاد مطالعه شود، آهنگ تحول؛ رابطه (۱-۶)، توسط کاهش جرم مشخص می شود و افزایش جرم هسته اهمیت چندانی ندارد. در صورتی که جرم پوش خیلی کوچک نباشد ($q \leq 0.9$) تابندگی تاثیر مهمی در تحول نخواهد داشت و شعاع به جرم هسته وابسته خواهد بود و اگر جرم پوش ناچیز باشد ($q \approx 1$)، شعاع و دمای موثر به طور حساسی به q وابسته اند.

برای محاسبه مسیر تحولی فرض می نماییم در مدت زمان Δt ، آهنگ کاهش جرم ثابت و برابر آهنگ Remers (\dot{M}) باشد، بنابراین مقدار کل کاهش جرم در این بازه زمانی $\Delta M = \dot{M} \Delta t$ خواهد بود.

در تصویر (۱-۱) مسیر تحولی ستاره ای به جرم خورشید (M_{sun}) نشان داده شده است [33]. حالت-های تحولی در این شکل با حروف A تا F مشخص شده است. پس از تمام شدن هلیم سوزی در مرکز (A)، هلیم سوزی در پوسته ضخیم شروع می شود و تابندگی زیاد می شود. نخستین مرحله کاهش جرم در نقطه ML اتفاق می افتد. در نقطه B تابندگی پوسته هیدروژنی از پوسته هلیمی بیشتر می گردد و در نقطه C اولین ناپایداری حرارتی رخ می دهد. در طی تحول بر مسیر مجانبی غول های قرمز حدود ۱۰ جرقه پوسته هلیمی نیز رخ می دهد. آخرین جرقه در شکل با نقطه C مشخص گردیده است، در نتیجه این عمل آهنگ کاهش جرم به $M_{sun}/yr \times 10^{-6}$ ، جرم ستاره به حدود $0.645 M_{sun}$ و $\log(L/L_{sun}) = 3.77$ خواهد رسید.

در نقطه C، ستاره شروع به انقباض کرده و در مسیرها یا شی تحول می یابد. با افزایش دما آهنگ کاهش جرم مطابق رابطه (۱-۲) کم می شود، تا در نقطه D ($\log(T_{eff}) \approx 4.1$) مقادیر \dot{M}/M و \dot{M}_{co}/M_{co} مساوی می گردند و جرم نهایی به حدود $M = 0.598 M_{sun}$ می رسد. مکان D به آهنگ کاهش جرم وابسته است. پس از این که دمای موثر به مقدار بیشینه اش می رسد، ستاره با سرد شدن، به تحول خود به سمت ناحیه کوتوله سفید در نمودار H-R ادامه می دهد.



تصویر (۱-۱) مسیر تحولی ستاره ای به جرم خورشید.

۱-۵ اشکال سحابی های سیاره نما

رده بندی اشکال سحابی های سیاره نما بستگی به وسایل مشاهده‌ای نظیر تصاویر عکاسی و CCDها دارد. تجربه نشان می دهد هرچه وسایل مشاهده‌ای پیشرفته تر باشند خصوصیات جدیدتری از شکل یا ساختار سحابی های سیاره نما آشکار می گردد؛ و این نتایج دیدگاه ما راجع

به رده یا نوع شکل سحابی های سیاره نما را تغییر می دهد . به عنوان مثال پس از فنون CCD سحابی های سیاره نمای دوپوشش رویت شدند .

اکثر سحابی های سیاره نما بر روی صفحه عکاسی به صورت حلقه های درخشان ظاهر می شوند . این شکل حلقه مانند ناشی از تصویر سحابی سیاره نما در آسمان است . در طول نوردهی ، حلقه ها ناپدید می شوند و به یک قرص پیوسته مبدل می شوند . در واقع شکل واقعی سحابی سیاره نما به یک لایه فضایی با ضخامت محدود که گاز در ناحیه مرکزی اش فشرده شده نیز شباهت دارد .

در روش عکاسی شکل سحابی به سهولت به نظر نمی رسد ، دو دلیل برای این امر وجود دارد : اولاً : شعاع یا اندازه سحابی به زمان نوردهی بستگی دارد ، دوماً : جزییات سحابی به طول موج تابشی وابسته است .

شکل های عادی سحابی های سیاره نما تا حدودی تخت یا کشیده اند . در سال ۱۹۱۸ میلادی Moore و Campbell بر پایه مشاهدات طیف نگاری اولیه فرض کردند تخت بودن سحابی سیاره نما ناشی از چرخش سحابی سیاره نما به دور محور کوچکتر خودش است ؛ اما در مشاهدات دقیق تر هیچ اثری از چرخش سحابی مشاهده نشد و این دیدگاه تایید نشد [11] .

از همان ابتدای شناخت سحابی سیاره نما تا کنون افراد مختلفی به طبقه بندی سحابی های سیاره نما پرداخته اند . ما به چند مورد از این طبقه بندی ها اشاره می کنیم .

در سال ۱۹۶۸ میلادی Khoromov و Kohoutek با عکس برداری از حدود ۳۰۰ سحابی به طبقه بندی سحابی ها پرداختند [16] . تصویر (۱-۲) این تقسیم بندی را نشان می دهد . آنها دریافتند حدود ۹۰٪ سحابی ها را می توان به سه دسته تقسیم نمود :

۱- سحابی های گرد یا حلقوی شکل با روشنایی ثابت

۲- سحابی های بیضوی با بیشینه روشنایی در هریک از دو انتهای قطر کوچکتر

۳- سحابی هایی با دو قله روشنایی که بطور متقارن در دو طرف مرکز سحابی قرار گرفته است که ممکن است روی محور اصلی قرار داشته باشند .

Gurzadyan در سال ۱۹۹۷ میلادی سحابی های سیاره نما را بر اساس اختصاصی ترین ویژگی دینامیکی آنها ؛ یعنی غیر ایستا بودن آنها ، رده بندی کرد [11] . این رده بندی مراحل پیشرفت را نیز نشان می دهد .

۱- سیستم رده بندی دینامیکی:

۱-۱ سحابی های صاف (I)^۱: شامل یک پوش با توزیع روشنایی تقریباً یکنواخت در بالای قرص می باشد .

۱-۲ سحابی های دو پوشی (II)^۲: به نظر می رسد مرحله تکاملی پس از I می باشد .

۱-۳ سحابی حلقه مانند (III)^۳: یک شکل کلی حلقه مانند دارد ، لایه دوم وجود ندارد .

۲- رده بندی از لحاظ قطبی بودن :

۱-۲ Ba^۴: افزایش در روشنایی لبه های محور کوچک داریم .

۲-۲ Bb^۵: به شکل دو کلاه هستند که بخوبی باز شده اند .

۳-۲ Bc^۶: در این شکل کلاه ها کاملاً مجزا شده اند .

۴-۲ Bd: به صورت اشکال تخت مانند یا مستطیل شکل^۷ و یا مانند ساعت شنی هستند .

۳- سحابی های سیاره نمای مارپیچی (sp): شامل دو بازوی مارپیچی شکل متقارن است که در نتیجه عمل مشترک میدان مغناطیسی واقعی سحابی سیاره نما و میدان مغناطیسی عمومی کهکشان بوجود آمده است .

۴- رده شبه ستاره ای (s): هنگامی که ابعاد ظاهری سحابی سیاره نما آنقدر کوچک باشد که نسبت به ستارگان غیر قابل تشخیص باشد ، در این رده قرار می دهیم .

۵- سحابی گسترده (D): در واقع یکی از آخرین مراحل تکامل سحابی سیاره نما می باشد .

۱-۶ انبساط سحابی های سیاره نما

¹ Planetoid

² Double envelope

³ Ring-like

^۴ Bipolar of first type

⁵ Bipolar of second type

⁶ Bipolar of third type

⁷ rectangular