

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۸۷/۱/۱۰۴۱۴۴  
۸۷/۱۲۳



دانشگاه مازندران  
دانشکده فیزیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته فیزیک نجوم و اخترفیزیک

موضوع:

به کار گیری روش باد دیسک مغناطو هیدرودینامیکی

در سحابی های سیاره نما

استاد راهنما:

دکتر علیرضا خصالی

استاد مشاور:

دکتر محسن نژاد اصغر

نام دانشجو:

مطهره محمدپور

شهریور ماه ۱۳۸۷

۱۱۸۷ / ۱۱ / ۲۵

اطلاعات بزرگ منی بزرگ  
فهرست بزرگ

۱۱۰۵۶۰



دانشگاه مازندران

دانشکده فیزیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته فیزیک نجوم و اختر فیزیک

موضوع:

به کار گیری روش باد دیسک مغناطو هیدرودینامیکی

در سحابی های سیاره نما

استاد راهنما:

دکتر علیرضا خصالی

استاد مشاور:

دکتر محسن نژاد اصغر

اساتید داور:

دکتر کوروش نوذری و دکتر محمد مهدوی

نام دانشجو:

مطهره محمدپور

شهریور ماه ۱۳۸۷

## سپاسگزاری

نخست خداوند بزرگ و مهربان را سپاسگزارم که این بار نیز مرا یاری نمود تا مرحله دیگری از تحصیل علم را به پایان رسانم. سپس بر خود لازم می دانم از کمک ها و زحمت های تمامی سروران و عزیزانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری رساندند، تشکر نمایم. اگر چه ورق دفتر را توانای ادای تشکر نمی یابم ولی نامشان را به نیکی یاد می کنم.

از اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر علیرضا خصالی و دکتر محسن نژاد اصغر به خاطر راهنمایی های ایشان سپاسگزارم و از خداوند بزرگ سلامتی و کامیابی روزافزون این اساتید گرامی را خواهانم.

از آقایان دکتر کوروش نوذری و دکتر محمد مهدوی که زحمت مطالعه پایان نامه و تشریف فرمایی را متقبل شدند، سپاسگزارم.

یاد همهٔ معلمان عزیزی که تا به امروز دانش گرانبهای خود را متواضعانه به من آموختند گرامی می دارم.

اینجانب از همکاری مدیریت محترم گروه فیزیک جناب آقای دکتر فرشاد صحبت زاده، دفتر گروه فیزیک و کمک های بی دریغ دوستان عزیزم تشکر کرده و موفقیت در تمام مراحل زندگی را برای ایشان خواستارم.

مطهره محمد پور

شهریور ۱۳۸۷

تقدیم به:

ضریح سراسر نور هشتمین سپیده

که زائر و مجاور آرامش را در کنار آن تجربه می نمایند.

روح پاک پدر و عموی مهربانم و

خانواده عزیزم

با امید این که این نوشته ناچیز پاسخگوی گوشه ای از زحمات بی دریغ آنها باشد.

## چکیده

تعداد زیادی از سحابی های سیاره نما جت ها یا برون ریزی های هم جهت، که معمولا به صورت دوقطبی یا متقارن نسبت به هسته می باشند را نشان می دهند. این ساختارها با مدل های کلاسیکی تحول ستارگان در مرحله بعد از شاخه مجانبی غول، سازگار نبوده و تبدیل به یکی از موضوعات اساسی در زمینه تحول سحابی های سیاره نما شده است. یکی از روش های تشریح این ساختارها وجود یک دیسک برافزایشی است که احتمالا شرایط را برای هم جهت شدن و آغاز برون ریزی فراهم می کند. به طوری که انرژی و ممنتوم زاویه ای توسط خطوط میدان از سطح دیسک برافزایشی خارج می شود. در این پروژه ما مدل های باد دیسک مغناطو هیدرودینامیکی را برای سحابی های سیاره نما و پیش سحابی های سیاره نما به کار می بریم و جداگانه، سرعت باد و آهنگ از دست دادن جرم را تخمین می زنیم. سپس در مورد شرایطی که دیسک های برافزایشی در سحابی ها و پیش سحابی های سیاره نما از طریق برهم کنش دوتایی شکل می گیرد بحث می کنیم. مشاهده می کنیم که باد حاصل می تواند آهنگ های درونی انرژی و ممنتوم رصد شده در سحابی ها و پیش سحابی های سیاره نما را پاسخگو باشد.

## واژه های کلیدی

سحابی های سیاره نما، پیش سحابی های سیاره نما، مغناطو هیدرودینامیک، میدان های مغناطیسی، دیسک های برافزایشی، جت و برون ریزی.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	فصل اول: سحابی‌های سیاره‌نما.....
۳	۱-۱ سحابی‌ها
۴	۲-۱ سحابی‌های سیاره‌نما
۴	۳-۱ پیش سحابی‌های سیاره‌نما
۶	۴-۱ اشکال مختلف سحابی‌ها
۷	۱-۴-۱ سحابی سیاره‌نمای بومرنگ
۷	۲-۴-۱ سحابی سیاره‌نمای خرچنگ جنوبی
۸	۳-۴-۱ سحابی سیاره‌نمای ساعت شنی
۹	۴-۴-۱ سحابی سیاره‌نمای (M۲-۹)
۱۰	۵-۱ مدل GISW
۱۱	۱-۵-۱ تقارن نقطه‌ای
۱۱	۲-۵-۱ جت‌ها و فلرها
۱۱	۳-۵-۱ برون‌ریزی‌های اتفاقی /چندقطبی
۱۲	۴-۵-۱ مرحله بعد از AGB (post-AGB)
۱۳	۶-۱ فیزیک جدید
۱۳	۷-۱ مدل جاب‌های باد مغناطیسی
۱۴	۸-۱ دینامو‌ها
۱۴	۹-۱ تحول برشی لفاف مشترک
۱۴	۱۰-۱ بادهای دیسک برافزایشی
۱۵	۱-۱۰-۱ پرتاب‌گریز از مرکز مغناطیسی
۱۶	۲-۱۰-۱ بادهای دیسک رانده شده تابشی
۱۶	۱۱-۱ بحث کلی
۱۸	فصل دوم: مغناطوهیدرودینامیک.....
۱۹	۱-۲ مغناطوهیدرودینامیک

۱۹	معادلات مغناطویدرودینامیک	۲-۲
۲۰	نتایج معادله القا	۳-۲
۲۷	مغناطویدرواستاتیک	۴-۲
۲۸	میدان‌های رها از نیرو	۵-۲
۲۹	میدان مغناطیسی به عنوان انتقال دهنده ممتم زاویه ای	۶-۲
۳۵	فصل سوم: جت‌ها و برون‌ریزی‌ها.....	
۳۵	جت‌های مغناطویدرودینامیکی و بادهای حاصل از دیسک‌های برافزایشی	۱-۳
۳۶	فیزیک شتاب مغناطیسی	۲-۳
۴۲	ساختار باد رانده شده از دیسک	۳-۳
۴۳	جریان‌های مغناطیسی تقارن محوری پایا	۴-۳
۴۸	جت‌های دیسک‌های برافزایشی	۵-۳
۵۰	سطح آلفن	۶-۳
۵۲	محاسبه سرعت برون‌ریزی و آهنگ برون‌ریزی جرم	۷-۳
۵۵	فصل چهارم: دیسک‌های برافزایشی.....	
۵۶	قرص‌های برافزایشی	۱-۴
۵۸	ویسکوزیته	۲-۴
۵۸	شار جرم	۳-۴
۵۸	انتقال تکانه زاویه‌ای در اثر ویسکوزیته	۴-۴
۶۰	طبقه‌بندی قرص‌ها از لحاظ شکل ظاهری	۵-۴
۶۰	قرص‌های نازک	۱-۵-۴
۶۰	قرص‌های ضخیم	۲-۵-۴
۶۱	پارامترهای نوعی قرص‌ها	۶-۴
۶۲	توصیف وشکسائی مدل $\alpha$	۷-۴
۶۳	قدرت میدان مغناطیسی	۸-۴
۶۴	محاسبه $B_0$	۹-۴
۶۶	جمع‌بندی نتایج	۱۰-۴



۶۸	..... فصل پنجم: دیسک‌های برافزایشی در سحابی‌های سیاره‌نما	
۶۹	دیسک‌های برافزایشی در سحابی‌های سیاره‌نما	۱-۵
۷۱	روچ لب	۲-۵
۷۲	مرحله لفاف مشترک	۳-۵
۷۴	آهنگ برافزایش دیسک در سحابی‌های سیاره‌نما	۴-۵
۷۵	مدل باد دیسک در سحابی‌های سیاره‌نما و پیش سحابی‌های سیاره‌نما	۵-۵
۷۶	جواب‌های سحابی سیاره‌نما	۶-۵
۷۷	جواب‌های پیش سحابی‌های سیاره‌نما	۷-۵
۷۹	بحث و نتیجه‌گیری	۸-۵
۸۱	منابع و ماخذ	

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان شکل	
۷	شکل (۱-۱) سحابی سیاره نمای بومرانگ	
۷	شکل (۲-۱) سحابی خرچنگ جنوبی	
۸	شکل (۳-۱) سحابی خرچنگ جنوبی	
۸	شکل (۴-۱) سحابی ساعت شنی	
۹	شکل (۵-۱) سحابی M۲-۹	
۹	شکل (۶-۱) سحابی NGC۲۳۴۶	
۱۰	شکل (۷-۱) مدل GISW	
	شکل (۱-۲) نمایش انجماد- شار a ( ستون مستقیم خطوط میدان b) شکل مغناطیسی بعد از خمش ستون	
۲۴	شکل (c) مغناطیسی بعد از پیچش ستون	
	شکل (۲-۲) (a) سطح استوانه ای اطراف خطوط میدان (b) سطح استوانه ای دیگر که توسط همان خط میدان	
۲۵	در زمان های بعدی ایجاد شده است.	
	شکل (۳-۲) ایجاد میدان مغناطیسی چنبره ای (a) خط میدان قطبی وار (b) ایجاد مولفه چنبره ای بعد از کشیده	
۳۳	شدن خط میدان قطبی وار	
۳۸	شکل (۱-۳) نواحی میدان مغناطیسی رها از نیرو در باد رانده شده از دیسک	
۳۸	شکل (۲-۳) شباهت دانه بر روی سیم با شتاب مغناطیسی ناشی از میدان مغناطیسی	
۳۹	شکل (۳-۳) ایجاد میدان چنبره ای	
۴۰	شکل (۴-۳) مثالی از یک مدل باد مغناطیسی	
۴۲	شکل (۵-۳) هم جهت شدن شار توسط نیروی ناشی از میدان مغناطیسی چنبره ای	
۴۵	شکل (۶-۳) مختصات در حال چرخش، سطوح مغناطیسی با تابع شار $\Psi$	
۴۸	شکل (۷-۳) دیسک برافزایشی و جت در اطراف جسم مرکزی	

۵۱	جزئیات بادهای گردنده مرکز گریز	شکل (۳-۸)
۵۶	دیسک برافزایشی و میدان جسم مرکزی	شکل (۴-۱)
۶۳	چرخه دینامو	شکل (۴-۲)
۶۹	سیستم دو تایی	شکل (۵-۱)
۷۱	روچ لب	شکل (۵-۲)
۷۲	سرریز روچ لب	شکل (۵-۳)
۷۳	تحول CE	شکل (۵-۴)

## فهرست جدول ها

صفحه

عنوان جدول

۳۶

جدول (۱-۳) ریخت شناسی

## لیست علائم و اختصارات

### عنوان

<i>PNe</i>	سحابی های سیاره نما ( <i>Planetary nebulae</i> )
<i>PPNe</i>	پیش سحابی های سیاره نما ( <i>proto-Planetary nebulae</i> )
<i>MHD</i>	مغناطوهیدرودینامیک ( <i>Magnetohydrodynamics</i> )
<i>MCL</i>	پرتاب گریز از مرکز مغناطیسی ( <i>Magnetocentrifugal launching</i> )
<i>AGB</i>	شاخه مجانبی غول ( <i>Asymptotic giant branch</i> )

سحابی‌های سیاره‌نما و پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما مراحل ماقبل آخر تحول ستارگان با جرم کم و متوسط ( $M_* \leq 8 M_{\odot}$ ) محسوب می‌شوند. رصدهای سحابی‌های سیاره‌نما نشان می‌دهد که این سحابی‌ها دارای اشکال مختلفی از قبیل کروی، بیضوی و دوقطبی می‌باشند. سحابی‌های دوقطبی را می‌توان به دو دسته سحابی سیاره‌نمای پروانه‌ای شکل که میانه آن به ستاره مرکزی محکم شده و سحابی سیاره‌نمای دولبی که جفت لب‌های عریض بیرونی به سحابی مرکزی کوچکتر کروی یا بیضوی متصل شده است تقسیم‌بندی نمود.

رصدهای دقیق‌تری که توسط تلسکوپ فضایی هابل انجام شد دلایلی بر وجود برون‌ریزی‌های هم‌جهت باریک که به عنوان جت شناخته می‌شوند را نشان داده است. طبیعت این جت‌ها و برون‌ریزی‌های هم‌جهت دیگر در سحابی‌های سیاره‌نما و پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما همچنان یکی از موضوعات مورد توجه می‌باشد.

مشکل اساسی در ارتباط با پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما، مقادیر ممنتم و انرژی فراوان در برون‌ریزی‌ها است. مطالعات رصدی نشان داده است که ممنتم اسکالر در برون‌ریزی‌های پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما  $10^3$  برابر بزرگتر از تابش ستاره‌ای است. در نتیجه مدل‌های شتاب‌دار تابشی نمی‌تواند مقادیر ممنتم و انرژی فراوان در برون‌ریزی‌ها را پاسخگو باشد. تئوری برجسته برای توجیه اشکال مختلف سحابی‌های سیاره‌نما مدل GISW می‌باشد که علی‌رغم موفقیت آن، نمی‌تواند همه اشکال مختلف سحابی‌ها را پاسخگو باشد. مدل دیگر مدل حباب‌های باد مغناطیسی است که این مدل نیز نمی‌تواند مقادیر ممنتم و انرژی فراوان در برون‌ریزی‌های پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما را پاسخگو باشد. مبدا باد و مکانیسمی که توازی ایجاد می‌کند از مسایل اساسی می‌باشند زیرا به نظر می‌رسد که بیشتر اشکال سحابی‌های سیاره‌نما قبل از مرحله کامل سحابی‌های سیاره‌نما، هنگامی که ستاره به اندازه کافی گرم است تا شار یونیده قوی تولید کند روی داده باشد.

برای تشریح وجود این ساختارها یک دیسک برافزایشی در نظر می‌گیریم که احتمالاً شرایط را برای هم‌جهت‌شدن و آغاز برون‌ریزی فراهم می‌کند. به طوری که انرژی و ممنتم زاویه‌ای توسط خطوط میدان از سطح

دیسک برافزایشی خارج می‌شود. در این پروژه ما مدل‌های باد دیسک مغناطوهیدرودینامیکی را برای سحابی‌های سیاره‌نما و پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما به کار می‌بریم و با فرض دینامو به عنوان منبع ایجاد میدان مقیاس بزرگ، سرعت باد و آهنگ از دست دادن جرم را تخمین می‌زنیم. سپس در مورد شرایطی که دیسک‌های برافزایشی در سحابی‌ها و پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما از طریق برهم‌کنش دوتایی شکل می‌گیرند بحث می‌کنیم. مشاهده می‌کنیم که باد حاصل می‌تواند آهنگ‌های درونی انرژی و ممنتوم رصد شده در سحابی‌ها و پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما را پاسخگو باشد.

## فصل اول\_ سحابی‌های سیاره‌نما

در این فصل به توصیف سحابی‌های سیاره‌نما و پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما و اشکال مختلف آن‌ها می‌پردازیم و مدل‌هایی که به تشریح آن‌ها می‌پردازد را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

### ۱-۱ سحابی‌ها

سحابی‌ها ابرهای وسیعی متشکل از گاز، غبار و پلازما هستند که در فضای میان‌ستاره‌ای واقع شده‌اند. سحابی‌ها را به سحابی‌های گسیلی، بازتابی، سیاره‌نما و باقیمانده ابرنواختر طبقه‌بندی می‌کنند.



## ۲-۱ سحابی‌های سیاره‌نما

سحابی‌های سیاره‌نما (PNe)<sup>۱</sup> و پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما (PPNe)<sup>۲</sup> مراحل پایانی زندگی یک ستاره معمولی (با جرم کم یا متوسط)  $0.8 M_{\odot} \leq M \leq 8 M_{\odot}$  هستند. سحابی‌های سیاره‌نما از بقایای انفجار غول قرمز بوجود می‌آیند. وقتی ذخیره هیدروژن ستاره رو به پایان می‌گذارد، ستاره متورم شده و منبسط می‌گردد. با انبساط ستاره، سطح آن سردتر شده و به رنگ قرمز در می‌آید، به این دلیل آن‌ها را غول پیکران قرمز می‌نامند. پس از این، لایه‌های خارجی مانند حلقه‌ای از دود در فضا پراکنده می‌شود. جسم منتهی که در فضای دورتر از ستاره مرکزی بر جای می‌ماند را سحابی سیاره‌نما می‌نامند. این نام به این علت به آنها اطلاق می‌شود که از درون تلسکوپ شبیه به سیارات منظومه شمسی به نظر می‌رسند. آنچه از ستاره باقی می‌ماند، هسته‌ای کوچک و بسیار داغ در مرکز سحابی سیاره‌نما است، چنین هسته‌ای کوتوله سفید نام دارد. بیشتر سحابی‌های سیاره‌نما به شکل کروی نیستند بلکه دارای نوعی تقارن دوقطبی ظاهری هستند. حدود ۱۰٪ از سحابی‌های سیاره‌ای کروی هستند و ۷۰٪ آنها دارای ساختمان دوقطبی و دارای دو لب (دو قسمت پرچگال و نسبتاً بسیار روشن در دو سمت ستاره مرکزی) می‌باشند و در بقیه موارد وجود میدان‌های مغناطیسی، چرخش، دوتایی بودن ستاره و غیره می‌توانند موجب ایجاد اشکال پیچیده‌تری شوند. ستاره‌شناسان معتقدند این اشکال در اثر گردش ستاره همدم به دور ستاره مرکزی بوجود آید. بر طبق مدل‌های تحول ستاره‌ای و محاسبات هیدرودینامیک برای چرخاندن یک ستاره غول متورم و پیر به گونه‌ای که باعث تولید برون‌ریزی‌های جت مانند و سحابی‌های دو قطبی، نیاز به وجود یک همدم ستاره‌ای است.

## ۳-۱ پیش‌سحابی‌های سیاره‌نما

چون تشکیل سحابی‌های سیاره‌نما در مراحل نهایی تحول ستارگان صورت می‌گیرد، سودمند است که

<sup>۱</sup> Planetary nebulae

<sup>۲</sup> Proto-planetary nebulae

مسیر تحولی یک ستاره قبل و بعد از تشکیل سحابی مورد توجه قرار گیرد. بطور کلی تحول سحابی‌های سیاره نما به دو دوره تقسیم می‌شود:

۱- تحول قبل از جدا شدن سحابی از ستاره مرکزی و تحول اجرام پیش‌سحابی.

۲- تحول از زمان جدا شدن سحابی از ستاره مرکزی و تحول ستاره مرکزی.

دو دلیل وجود دارد که بپذیریم سحابی‌ها از جو غول قرمز بوجود می‌آیند. غول‌های قرمز در قسمت فوقانی شاخه مجانبی (AGB)<sup>۲</sup>، بیشترین شباهت فیزیکی را به نمونه‌های اولیه سحابی‌های سیاره‌نما دارند. هسته کربنی و اکسیژنی این ستارگان با مواد تشکیل دهنده ستاره مرکزی سحابی‌های سیاره‌نما در مراحل بعدی تحول، موافقت دارد. لذا می‌توان چنان فرض نمود که گسترش جو غول قرمز، هسته‌ای از خود بجای می‌گذارد که ستاره مرکزی سحابی را تشکیل می‌دهد و در فرایند انبساط جو غول قرمز، پوسته‌ای از گازها که آنرا سحابی می‌نامیم، تشکیل می‌گردد.

دلیل دوم پیدایش سحابی‌ها از جو ستارگان غول قرمز بر پایه سرعت انبساط آن‌ها می‌باشد. اگر بپذیریم سحابی پوسته‌ای گازی شکل است که از ستاره‌ای جدا شده است، لذا باید سرعت اولیه این پوسته حداقل برابر سرعت فرار از حوزه گرانشی ستاره اولیه باشد. با این فرض سرعت انبساط از تفاوت انرژی جنبشی ابتدایی و انرژی جنبشی لازم برای فرار مشخص می‌گردد. اگر انرژی جنبشی ابتدایی دامنه نامحدودی داشته باشد، لذا بعد از کم نمودن انرژی جنبشی لازم برای فرار از حوزه گرانشی که محدود می‌باشد، انرژی بدست آمده دامنه محدودی خواهد داشت و در نتیجه سرعت انبساط نامحدود خواهد بود. اما در عمل مقادیر سرعت انبساط مشاهده شده برای سحابی‌ها بین  $10-40 \text{ km/s}$  می‌باشد. با توجه به مطالب فوق بایستی سرعت فرار از ستاره‌های اولیه سحابی‌ها، قابل مقایسه با سرعت انبساط آن‌ها باشد. اگر سرعت فرار از ستاره‌های خورشیدگون با شعاع  $R$  که بر حسب واحد خورشیدی بیان می‌گردد را محاسبه نماییم، خواهیم داشت:

$$V_{esc} = 618 R^{-1/2} \text{ km/s}$$

<sup>۲</sup> Asymptotic giant branch

که R بر حسب واحد خورشیدی می باشد.

با توجه به رابطه بدست آمده چون سرعت فرار از حوزه گرانشی ستاره های کوچک بزرگ می باشد، لذا این ستارگان نمی توانند باعث تشکیل سحابی گردند. حال آنکه ستارگانی با شعاع بین ۲۰۰-۱۰۰ برابر شعاع خورشید، سرعت فرار در محدوده سرعت انبساط سحابی ها واقع می گردد که این شعاع مربوط به غول های قرمز است. از آنجایی که سحابی ها از لحاظ نجومی اجرام پیری می باشند و با توجه به موقعیت کوتوله های سفید در نمودار H-R که دنباله مسیر تحولی ستارگان پیر می باشند، می پذیریم که سحابی های سیاره نما به سمت کوتوله های سفید در حال تحول هستند.

#### ۱-۴ اشکال مختلف سحابی ها

سحابی های سیاره نما در آسمان بصورت ابرپلاسمای در حال انبساط هستند که ستاره مرکزی داغ را احاطه کرده اند. وقتی که قدرت تلسکوپ های زمینی افزایش یافت انواع اشکال مختلف آنها کشف گردید. PNe ها اشکال کروی (Osterbrock ۱۹۸۹)، بیضوی و یا دوقطبی (Balick ۱۹۸۷) را دارا هستند. اخیراً مطالعات دقیق تر با تلسکوپ فضایی هابل نشان داد که تعداد زیادی از سحابی های سیاره نما، باریکه های هم جهت شده را نشان می دهند که بهتر است بجای لب های دوقطبی آنها را جت نامید.

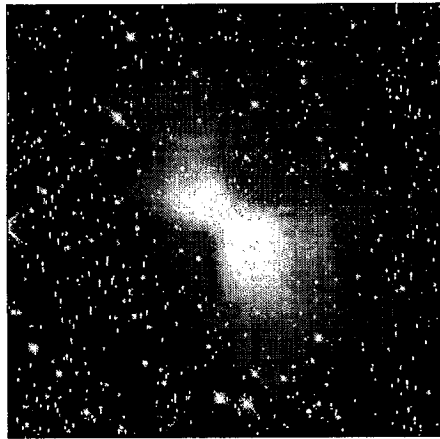
از سحابی هایی که جت تولید می کنند می توان به نمونه های  $M2-9$  (Balick ۲۰۰۰)،  $Hen 401$  (Sahai ۲۰۰۰) و  $AFGL 2688$  (The egg) (Sahai et al. ۱۹۹۸) اشاره نمود. دسته ای به صورت  $FLIERS^4$  (نواحی گسیلی کم یونیده سریع) ظاهر می شود که بصورت یک برآمدگی (Knot) از سحابی معمولاً بیضوی، به بیرون انبساط می یابد.

تعداد دیگری از سحابی های سیاره نما دوقطبی به قرار زیر هستند.

<sup>4</sup> Fast, low-ionization emission regions

### ۱-۴-۱ سحابی سیاره‌نمای بومرنگ Boomerang- Nebulae

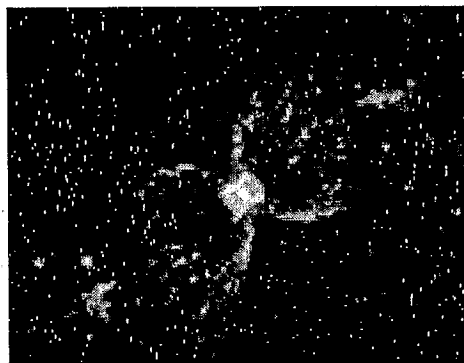
سحابی سیاره‌نمای بومرنگ در صورت فلکی قنطورس جای دارد. از دید تلسکوپ فضایی هابل این سحابی مانند دو مخروط قرینه نسبت به هم است که از ستاره مرکزی خود پرتاب شده است و شکلی مانند یک پایپون بزرگ را به تصویر کشیده است.



شکل (۱-۱) Boomerang\_nebula ۲۸۰px

### ۱-۴-۲ سحابی خرچنگ جنوبی (Southern-Crab-Nebulae)

عکس‌هایی که توسط تلسکوپ هابل از این سحابی بدست آمد نشان می‌دهد که در مرکز سحابی یک جفت ستاره (یک گول قرمز و یک کوتوله سفید) وجود دارد.



شکل (۲-۱) Southern\_Crab\_Nebula\_overview ۱۸۰px