مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

شکل گیری و انتشار جتهای اخترفیزیکی

سمیه شیخ نظامی [۱و۲]، کریستین فندت [۲]
[۱] مرکز پژوهشهای دانشهای بنیادی فیزیک (پژوهشکده نجوم)
[۲] موسسه تحقیقاتی ماکس پلانک (آلمان- هایدلبرگ)

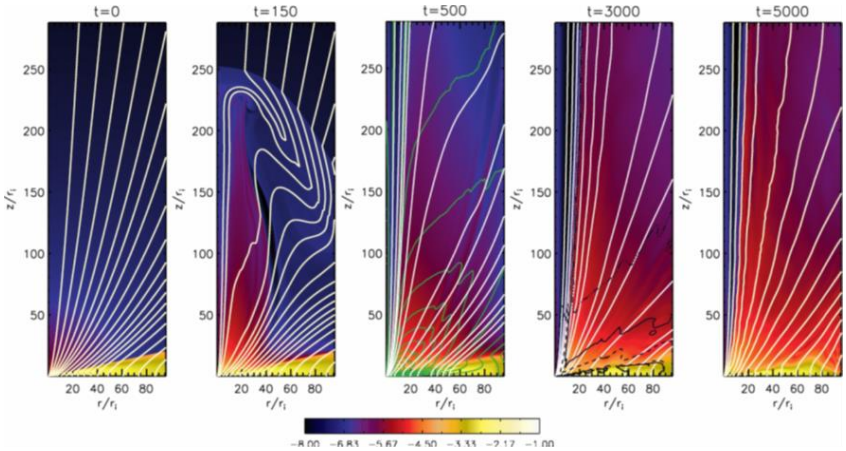
چکیده

در این مقاله به بررسی چگونگی پیدایش و انتشار جتهای اخترفیزیکی با استفاده از کد شبیه سازی PLUTO می پردازیم. هدف اصلی پاسخ به این سوال است که چه نوع قرصهایی و تحت چه شرایطی پیدایش جت در آنها صورت می گیرد. اندرکنش قرص-جت با استفاده از اعمال نمایه های مختلف پخشی مغناطیسی، درون قرص مورد بررسی قرارگرفته وآهنگ برافزایش ماده درون قرص وآهنگ خروج ماده ازطریق جتهای دو قطبی شکل گرفته ، محاسبه می شود. همچنین ، اندازه ناحیه تولید کننده جت ، درون قرص محاسبه می شود. درادامه چگونگی شکل گیری جتهای دو قطبی از یک قرص اولیه نا متقارن بررسی می گردد.

پیدایش و شکل گیری جت از قرصهای دارای پخشی مغناطیسی

جتهای اختر فیزیکی مجموعه ای از مواد هستند که دارای سرعت بسیار بالایی نسبت به محیط اطراف خویش بوده و دارای زاویه باز شدگی کمی می باشند, که اصطلاحا گفته می شود، به شدت خطی شده اند. منابع تولید کننده جتها بسیار گسترده بوده که از میان آنها می توان به هسته های فعال کهکشانی , پیش ستاره های جوان، تپنده ها، اختروشهای کوچک ، و فورانگرهای پرتو گاما اشاره نمود. تا به امروز سازوکارهای متعددی در ارتباط با شکل گیری جتها ارائه شده است که از میان آنها مدل باد قرص توسط (Blandford & Payne) در سال ۱۹۸۲ ارائه شده است و به عنوان یکی از محبوبترین مدلها که توسط شواهد رصدی تایید می شود , شناخته شده است. این مدل اصطلاحا ، شتاب گیری مرکز گرای مغناطیسی خوانده می شود که به واسطه نقش نیروهای لورنتس، گریز از مرکز این گونه نامیده شده است. بر اساس این مدل ، قرص برافزایشی چرخان , که تحت تاثیر یک میدان مغناطیسی بزرگ مقیاس است ، از طریق جت و یا فوران ماده خارجی ونیز گشتاور مغناطیسی اعمال شده به قرص ، اندازه حرکت از دست می دهد و فرایند برافزایش در قرص شکل می گیرد. اگر شیب خطوط میدان مغناطیسی موجود (نسبت به قرص) از ۶۰° کمتر باشد ، شرایط انتقال مواد به سمت لایه های خارجی بالای قرص فراهم می شود و با دخالت نیروی لورنتس، شاهد شکل گیری، خطی شدن و شتاب گیری جت خواهیم بود.

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)



شکل۱ : تحول سیستم قرص – جت در زمانهای متفاوت برای شبیه سازی مرجع نشان داده شده است. رنگها چگالی محیط را در مقیاس لگاریتمی نشان داده و خطوط نمایشگر شدت میدان مغناطیسی در محیط می باشند.

در این مقاله تاثیر پارامتر پخشی مغناطیسی به لحاظ بزرگی و توزیع درون قرص، برروی فرایند انتقال جرم به جت ونیز فرایند شتاب گیری آن بررسی می شود و مدل باد قرص، اساس مطالعات ما قرار می گیرد.

در این مدل، پارامتر پخشی مغناطیسی برپایه توصیف آلفا, اعمال می شود:

$$\eta = \alpha V_A H \exp(-2z^2/H^2) \qquad (۱)$$

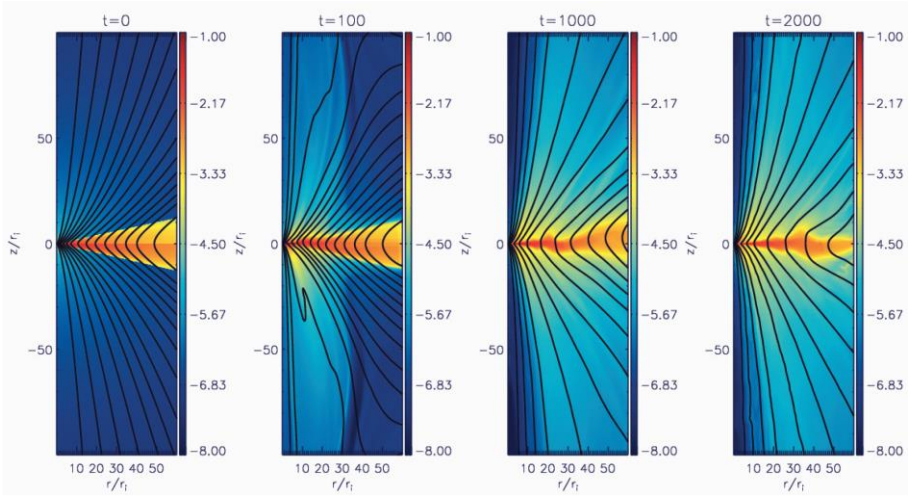
که H مقیاس ارتفاع قرص و V_A سرعت آلفونی می باشد. همچنین برای توزیع میدان مغناطیسی از مدل ارائه شده توسط (Zanni et.al 2007) اتخاذ شده است. براساس یک مجموعه شرایط اولیه فیزیکی و عددی، معادلات بقا وابسته به زمان را توسط کد شبیه سازی PLUTO حل نموده و تحول سیستم قرص- جت بررسی می شود. تحول شبیه سازی مرجع ، در شکل۱ نمایش داده شده است. در این شکل رنگها توزیع چگالی محیط را در مقیاس لگاریتمی نشان می دهند و خطوط موجود، توزیع میدان قطبی مغناطیسی اولیه را نمایش می دهند. در این شبیه سازی ، سیستم قرص – جت از یک قرص در حال چرخش کپلری که در تعادل با کرونای غیر چرخان است و میدان مغناطیسی بزرگ مقیاس بر آن حاکم است ، آغاز می شود. همانطور که شکل ۱ نشان می دهد، یک جریان خارجی ماده، به صورت پایدار و پایسته از نواحی درونی قرص شکل گرفته و به سمت نواحی بیرونی تر قرص ، توسعه پیدا می کند. همچنین ، پس از عبور موج ضربه اولیه، خطی شدن خطوط میدان مغناطیسی شکل می گیرد. این شبیه سازی به مدت طولانی حدود ۵۰۰۰ گام زمانی ، یا به عبارتی ۹۰۰ دورچرخش، در شعاع داخلی قرص ، در حال انجام بوده است. مجموعه زیادی از شبیه سازیها، با توزیعهای متفاوتی از پارامتر پخشی و نیز شدت میدان مغناطیسی متفاوت ، انجام گرفته است. برای تمامی نمونه ها، شار اندازه حرکت و شار جرم برای جت ونیز جریان برافزایش محاسبه گردیده است که برای جزئیات بیشترمی توانید به (Sheikhnezami et.al 2012) مراجعه فرمایید. در مجموعه این شبیه سازیها بسته به شرایط اولیه انتخابی، سیستم قرص – جت به شرایط پایا ممکن است، دست یابد که در برخی موارد سریعتر و در برخی دیرتر اتفاق می افتد. تحول میدان مغناطیسی نیز، تاثیر مستقیمی بر روند تحول سیستم قرص – جت دارد. به عنوان مثال در شرایط وجود یک میدان مغناطیسی ضعیف در محیط ، دیگر یک جریان خارجی پایا و به وجود آمده توسط مدل شتاب گیری مرکز گرای مغناطیسی نخواهیم داشت. بلکه یک جریان خارجی ، آشوبناک و دارای زاویه باز شدگی زیاد ، توسط گرادیان فشار گاز تولید می شود. در بررسی تحول جریان بر افزایش و جریان خارجی ماده ، در یافتیم که : برای ۱) قرصهای با میزان پخشی مغناطیسی کوچکتر، ۲) پخشی مغناطیسی کمتر در راستای قطبی ۳) شدت میدان

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

مغناطیسی بیشتر و٤) پخشی عددی پایین تر ، انتقال جرم به جریان خارجی ماده ، افزایش یافته و منجر به یک جت بسیار قدرتمند ، با شار جرمی بالاتر می شود.

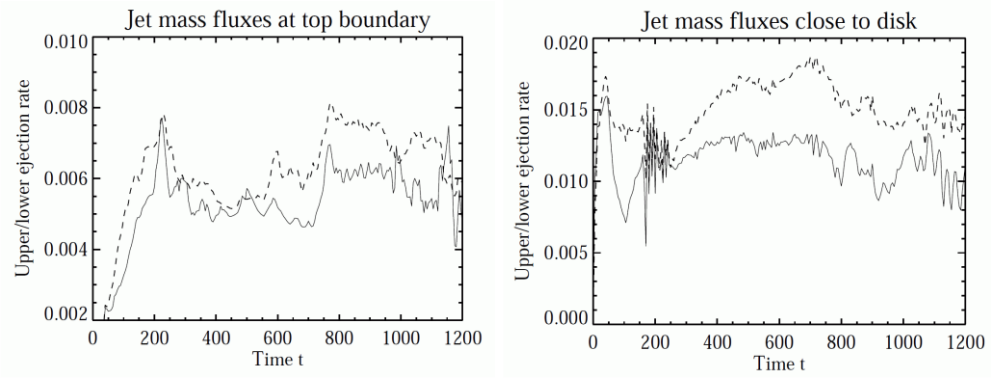
جتهای دو قطبی- شکل گرفته از یک قرص بر افزایش نا متقارن

در قسمت بعدی مطالعه ، اندر کنش قرص – جت را به جتهای دو قطبی بسط دادیم. به عبارت دیگر برای دو نیمکره بالایی و پایینی قرص ، محیط محاسباتی را توسعه دادیم تا به طور خاص به این پرسش پاسخ دهیم که ، به وجود آمدن عدم تقارن در جتهای دو قطبی موجود ، توسط عامل داخلی می تواند صورت بگیرد؟ برای پاسخ به این سوال ، تقارن قرص را نسبت به صفحه استوایی بر هم می زنیم و سپس تحول جت دوقطبی خروجی از قرص و نحوه تغییر این عدم تقارن را در محیط بررسی می کنیم. به این منظور، روشهای مختلفی برای ایجاد عدم تقارن استفاده می شود . به عنوان مثال ، از یک قرص با عدم تقارن اولیه، که دارای دو مقیاس ارتفاع متفاوت در بالا(۰/۱) و پایین قرص (۰/۱۵) هست، آغاز می کنیم. در روش دیگر ، یک اختلال به صورت ، ازدیاد فشار موضعی در یک ناحیه از نیمه بالایی قرص ، به یک قرص متقارن در حال تحول، پس از حدود ٤۰۰ گام زمانی اعمال می کنیم. همچنین در مجموعه شبیه سازیها، مدلهای پخشی مغناطیسی کلی ومحلی را امتحان می نماییم. بر اساس شکل ۲، با وجود عدم تقارن اولیه در قرص، شاهد warping در قرص هستیم ، که به تدریج این عدم تقارن در جتهای دو قطبی نیز نمایان می شود. عدم تقارن به خوبی در شار جرمی محاسبه شده از نیمه بالایی ونیمه پایینی قرص قابل مشاده است.



شکل۲ : تحول سیستم قرص و جت دوقطبی برای یک قرص نامتقارن اولیه نشان داده شده است. رنگها، چگالی محیط را به صورت مقیاس لگاریتمی نشان داده و شدت میدان، توسط خطوط میدان مغناطیسی نمایش داده شده است.

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)



شکل۳ : شار جرمی محاسبه شده برای جت دوقطبی ناشی از قرص نامتقارن اولیه، در ارتفاع نزدیک به سطح قرص و ارتفاع z=50دور از قرص نشان داده شده است.

شکل ۳ ، شارجرمی محاسبه شده برای جتهای دو قطبی ناشی از بالا و پایین قرص، در ارتفاع نزدیک به قرص و همچنین در ارتفاعهای دور از قرص را ، نشان می دهد. بر اساس این نمودار حدود ۱۰-۳۰٪ تفاوت در شار جرمی از دو نیمه مشاهده می شود که خود دلیلی بر اثر عدم تقارن در تحول جت دو قطبی می باشد. شبیه سازیهای انجام شده نشان می دهند که عدم تقارن می تواند به صورت ذاتی در سیستم قرص – جت تولید شود و برای مدت زمان طولانی در ساختار سیستم باقی بماند. همچنین ، استفاده از مدلهای پخشی مغناطیسی وابسته به زمان ، وجود این عدم تقارن در سیستم را طولانی تر می نماید.

مرجع‌ها

۱. Blandford, R.D., & Payne, D.G., 1982, MNRAS, 199,
۲. Fendt, C., & Sheikhnezami, S. 2013, ApJ, 774, 12
۳. Sheikhnezami, S., Fendt, C., Porth, O., Vaidya, B., & Ghanbari, J. 2012, ApJ, ,757, 65
٤. Zanni, C., Ferrari, A., Rosner, R., Bodo, G., & Massaglia, S. 2007, A&A, 811,469