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

متریکی در مختصات استوانه ای برای توضیح جت در دیسکهای برافزایشی

محمد حسینی فرد

دانشگاه شاهد، علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده

متریک کوتر بدون ثابت کیهانشناختی و نیز ایجاد کمی تغییر در مختصات استوانه ای –مختصاتی که بنظر می آید دیسکهای برافزایشی را راحتتر توصیف میکند- با استفاده از نرم افزارهایی که قابلیت حل معادلات میدان را دارد در خلاء حل میکنیم سپس واگرایی تانسور انیشتن را بررسی میکنیم. نتیجه اینکه یک تکینگی محوری در راستای محور Z فقط بعلت تکانه زاویه ای رخ میدهد. این تکینگی منطبق بر جت های دیسکهای برافزایشی اطراف سیاهچاله ها، پیش ستاره ها و پیش سیارات است. و نیز توضیح داده شده است که علت ظهور جت- تاکنون توضیح خوبی برای آنها ارائه نشده است - در اطراف دیسکها، تابش پرانرژی ناشی از شتاب سقوط ماده در تکینگی محوری پیش بینی شده، می باشد.

زمانی که ماده در مدارهایی ناپایدار بسمت چشمه گرانشی قوی سقوط می کند تشکیل دیسک چرخشی که در اثر فشار گرانشی زیاد تا دماهای بسیار بالا گرم میشود را در پی دارد. وضعیت فوق دیسک برافزایشی نام دارد. نکته مهم دیده شدن جت های تابشی در امتداد محور چرخشی دیسک است که توضیح خوبی تاکنون برای آن ارائه نشده [1] و در این مقاله با انتخاب یک متریک خاص سعی در توضیح این جت ها شده است. کار را با متریک استوانه ای زیر- شبه متریک کوتر بدون ثابت کیهانشناختی با کمی تغییر[2]- و نوشتن عناصر غیرصفر کریستوفل شروع میکنیم:

در این متریک m جرم و J تکانه زاویه ای است و نیز ثوابت $G = c = 1$ در نظر گرفته شده است. این متریک ایستا و متقارن است. و بطور کلی ویژگی های متریک مورد قبول را دارد.برای این متریک داریم:

و مولفه های غیر صفر تانسور انیشتن مطابق زیر بدست می آید: مابقی مولفه ها صفر است.

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

$$\begin{cases} G_{11} = \\ G_{22} \\ G_{33} = \\ G_{44} \end{cases}$$

مولفه های تانسور انرژی اندازه حرکت را صفر در نظر میگیریم یعنی ٤ مولفه غیر صفر تانسور انیشتن را مساوی صفر قرار میدهیم. باید توجه داشت که هرگاه خمیدگی فضا زمان –تانسور ریمان یا تانسور انیشتن- صفر شود نشان از فضا زمان تخت دارد و با بینهایت شدن خمیدگی فضازمان-تانسور ریمان یا تانسور انیشتن- تکینگی مشاهده خواهد شد. بطور معمول این تکینگی ها در فیزیک سیاهچاله خوانده می شوند. بنابراین در ادامه با بررسی تکینگی ها در مولفه های تانسور انیشتن بدنبال شرایط حضور تکینگی یا همان سیاهچاله در فضازمان هستیم. ابتدا مخرج G_{11} را مساوی صفر قرار میدهیم تا شرایط ایجاد خمیدگی بینهایت را برای این مولفه بدست آوریم:

معادله را برای سه پارامتر متغیر شعاع ، جرم و تکانه زاویه ای حل میکنیم جوابهای زیر بدست می آید:

برای شرط ایجاد تکینگی داریم $0 \le \rho \le 2m$ که این همان تکینگی شوارتزشیلد [3] به ازای $G = c = 1$ است. نتیجه جالب ظهور یک تکینگی براساس چرخش است که این تکینگی برای جرم m در $\rho = 0$ رخ میدهد، در ادامه این تکینگی را در راستای محور Z معرفی می کنیم. بعبارتی چرخش سریع یک جرم هم میتواند تولید تکینگی کند چرا که موجب پیچش فضازمان خواهد شد!. بعنوان مثال برای خورشید با جرم و شعاع کنونی اش تکانه زاویه ای که توانایی تولید تکینگی را دارد حدود $J = 10^{25}\ \frac{Kgm^2}{s}$ است. همینطور صفرهای مخرج G_{22} را بدست می آوریم تا برای این مولفه هم شرایط خمیدگی بینهایت را مشخص کنیم:

بازهم محدوده تکینگی شوارتز شیلد $0 \le \rho \le 2m$ بدست می آید. واگرایی G_{33} را بررسی میکنیم:

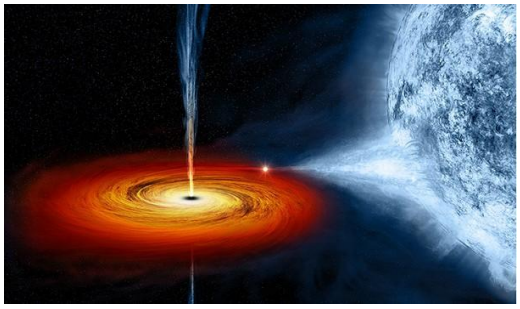
نتیجه بازهم در خور تامل است غیر از تکینگی شوارتزشیلد که پارامتر جرم تولید کننده آن است این بار هم یک تکینگی محوری- wire singularity که ناآشنا نیست [4]- که در اثر پارامتر تکانه زاویه ای جرم مرکزی در راستای محور z رخ میدهد، بدست خواهد آمد. این همان اتفاقی است که در یک دیسک برافزایشی –چه در اطراف سیاهچاله ها و چه در اطراف پیش سیارات و پیش ستارگان- می افتد با نزدیک شدن ماده به جرم مرکزی، چرخش سبب تشکیل دیسک میشود. گرانش زیاد سبب بالا رفتن تکانه زاویه ای میشود. زمانی که پارامتر تکانه زاویه ای برای دیسک به مقدار $J = \sqrt{\frac{m\rho^3}{2}}$ برسد تولید تکینگی محوری میکند تولید تکینگی محوری هم باعث ظاهر شدن جت در اطراف دیسک میشود. در حقیقت جت ها چیزی نیستند جز شتاب بالای ماده و سقوط در تکینگی محوری – و درنهایت رسیدن به تکینگی مرکزی- که شتاب بالای ماده در حین سقوط سبب تابشهای پر انرژی و ظاهر شدن جت ها برای دیسک از هر نوعی میشود. نتیجه بدست آوردن صفرهای مخرج مولفه G_{44} هم مشابه بالاست. حال معادله ژئودزیکها را در برای محور چرخش z بدست می آوریم:

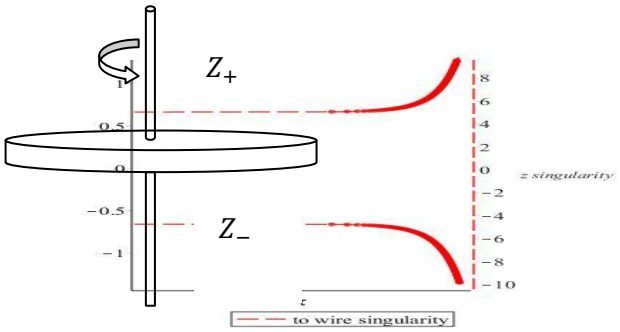
که با حل آن به معادلات زیر میرسیم:

$$\begin{cases} z_+(\tau) = +\sqrt[4]{\left(-\sqrt{z} + \operatorname{arc\,tanh}\left(\frac{1}{\sqrt{z}}\right) + C_1\tau + C_2\right) - 1} \\ z_-(\tau) = -\sqrt[4]{\left(-\sqrt{z} + \operatorname{arc\,tanh}\left(\frac{1}{\sqrt{z}}\right) + C_1\tau + C_2\right) - 1} \end{cases} \qquad (10)$$

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

با انتخاب دلخواه $C_1 = 1 , C_2 = 0$ و رسم نمودار حاصل و انطباق آن با شماتیک یک دیسک برافزایشی میتوانیم مسیر سقوط ماده به داخل تکینگی محوری را ببینیم:





شکل: ژئودزیکها برای تکینگی محوری که منطبق شده است بر تکینگی شوارتز شیلد (راست).شبیه سازی دیسک و جت (چپ)

نتیجه گیری: متریک معرفی شده در این مقاله توانایی توضیح وجود جت ها در اطراف دیسکهای برافزایشی را دارد. این متریک پیش بینی میکند که در اثر تکانه زاویه ای بالا برای هر جرمی از جمله دیسکهای برافزایشی یک تکینگی محوری در راستای محور چرخش ایجاد میشود که سبب بروز جت میگردد.

Reference :

[1]. Wagoner, Robert V. "Relativistic and Newtonian …". *NAReviews* **51**(2008).

[2]. E.N. Glass :gr-qc/0405143v1 28 May (2004)

[3]. Schwarzschild, K. "Über das Gravitationsfeld eines Mass…",(1916).

[4]. M. Demianski, Phys. Lett. 42A, 157 (1972).

[5]. J.F.Hawley,"Simulations of Black Hole Accretion Disks", Texas Symposium,(2004)