بررسي تأثير گرانش ستاره مرکزی بر روی ساختار سحابيهای سياره نما

دکترجمشيدقنبری ،سميه شيخ نظامي

دانشگاه فردوسي مشهد - دانشکده علوم

چکيده

سحابيهای سياره نما محيطهای گازی هستند که درنتيجه تأ ثيربادهای ستاره ای برروی محيط اطراف ستاره مرکزی ايجاد مي شوند.ضخامت سحابيهای سياره نما نسبت به سايرابعادآن بسياركوچک ميباشد؛ بنابراين می توان ازتقريب لايه نازك برای بررسي ديناميک آنها استفاده نمود.تا کنون درکليه کارهای انجام شده ازاثر گرانش بر ساختار سحابي سياره نما چشم پوشي شده است. دراين مقاله سعي بر اين است تا علاوه بر وجود آثاری چون ميدان مغناطيسي ، چگالي محيط وفشارحرارتي اثر گرانش ستاره مرکزی نيز بر ساختار سحابي سياره نما موردبررسی قرارگيرد.

مقدمه

نظريه هيدروديناميکي تشکيل حبابهای باد ستاره ای کروی توسط باد سريع برای ستارگان بسيار بزرگ

(**Weaver etal 1977**) وبرای سحابي سياره نما (**Fitzgerald et.al 1978**) نيز به کار رفته است.بر اثر اندرکنش دوباد ستارهای چهار ناحيه متفاوت تشکيل مي شود: (۱) ناحيه اول شامل باد ستاره ای سريع که موج ضربه داخلي آنرا محدود مي کند، (۲)ناحيه شامل باد ستاره ای ضربه ديده که وسعتزيادی دارد و حباب گاز را تشکيل مي دهد، (۳) ناحيه ضربه ديده توسط موج ضربهای خارجي که سحابي سياره نما مي باشد که ضخامت نسبت به ابعاد حباب گازی بسيار نازك است، (۴)مواد باد ستارهای کند مي باشد .

در مرحله نخست برای سا دگی لايه گازی سحابي را دارای تقارن کروی درنظر مي گيريم. ميدان مغناطيسي را نيز با استفاده از فرضهای ساده کننده (**Chevalier 1994**) در راستای سمتي در نظر ميگيريم واز اث مولفه شعاعي ميدان مغناطييسي صرفنظر مي کنيم. الايه سحابي سياره نما را به شکلي در نظر مي گيريم که مرزها با زمان تغيير مي کنند (**Giuliani1982**) .

فرمولبندی مسأ له

برای منظور نمودن اثر گرانش ستاره مرکزی در معادله بقاء تکانه از نمايش تانسوری استفاده مي کنيم. (**Marceel Goossense 2003**) :

$$\frac{\partial(\rho\vec{v})}{\partial t}+\nabla.\left(\rho\vec{v}\vec{v}+\vec{\mathrm{P}}\right)-\rho g-Q\vec{E}-\vec{J}\times\vec{\mathrm{B}}=0$$

$$Q\vec{E}+\vec{J}\times\vec{B}=\nabla.\vec{M}$$

$$\rho g_i=\sum_{ik}\frac{\partial T_{ik}}{\partial x_k}$$

$$\frac{\partial\rho\vec{v}}{\partial t}+\nabla.\left(\rho\vec{v}\vec{v}+\vec{\mathrm{P}}-M-T\right)+\frac{\partial}{\partial T}\left(\varepsilon_0\vec{E}\times\vec{B}\right)=0$$

دراين روابط **p** تانسور فشار، **M** تانسور ماكسول، **I** تانسور واحد و **T** تانسور گرانش است. اگر از نمايش (**Giuliani 1982**) استفاده كنيم مي توان نوشت:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int\rho\vec{v}dv=\int\nabla.\left(\rho\vec{v}\vec{u}\right)dv-\int\nabla.\left[\rho\vec{v}\vec{v}-\frac{\mathrm{BB}}{4\pi}+I\left(\mathrm{P}+\frac{\mathrm{B}^2}{8\pi}\right)-T\right]$$

با استفاده از قضيه واگرايي داريم:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int\rho\vec{v}dv=\oint\vec{n}.\left[\rho v\vec{u}\right]ds-\oint\vec{n}.\left[\rho\vec{v}\vec{v}-\frac{\vec{\mathrm{B}}\vec{\mathrm{B}}}{4\pi}+I\left(\mathrm{P}+\frac{\mathrm{B}^2}{8\pi}\right)-T\right]ds$$

حال بايستي جملات معادله فوق را روى مرزهاى المان انتخابي باز كنيم.كه ازروش (**Giuliani 1982**)

استفاده خواهيم كرد:

$$\mu=\langle\rho\ \rangle 2\Delta$$
$$A=R^2\sin\theta/\xi$$
$$dv=R^2\sin\vartheta/\cos\xi(2\Delta)d\theta d\varphi$$
$$e_\perp=\cos(\theta+\xi)i+\sin(\theta+\xi)j$$
$$e_{\mathrm{II}}=-\sin(\theta+\xi)i+\cos(\theta+\xi)j$$

كه در روابط فوق **μ** چگالي سطحي و **Δ** ضخامت لايه و **ξ** زاويه بين راستاى شعاعي وراستاى عمود بر لايه است.

اما جمله مربوط به گرانش:

$$(T.n)ds=(T.n)ds_{R0}+(T.n)ds_{RI}+(T.n)ds_R+(T.n)ds_{R'}$$

از طرفي شكل تانسور گرانش به صورت زير است:

$$T_{ik}=-\frac{1}{4\pi G}\left[g_ig_k-g^2\frac{\delta_{ik}}{2}\right]\quad\rightarrow\quad T_{11}=T_{xx}\ ,\quad T_{12}=T_{xy}$$

در اینجا به علت وجود تقارن مي توان $\varphi = \pi/2$ گرفت.

$$T = T_{xx}ii + T_{yy}jj + T_{xy}ij + T_{yx}ji$$
$$g = \frac{GM}{R^2}\hat{e}_r$$
$$g_x = g\cos\theta$$
$$g_y = g\sin\theta$$

که **θ** زاویه قطبي مي باشد.

باید به این نکته توجه نمود که درهر مرز **T** فرق مي کند.نهایتا پس ار محاسبات طولاني و نیز با تقریب مرتبه اول برای $\frac{\Delta}{R}$ معادله بقاءتکانه به شکل زیر در مي آید:

$$\mu\frac{\partial\vec{v}}{\partial t} = -\rho_a(u_\perp - v_{a\perp})(\vec{v} - v_a) + \vec{e}_\perp(\mathrm{P}_i + \frac{\mathrm{B}_i}{8\pi}) - (v_{\mathrm{II}} - u_{\mathrm{II}})\mu\frac{\cos\xi}{R}(\frac{\partial v}{\partial\theta})$$
$$+\frac{g^2}{4\pi G}\left[(\cos 2\xi)e_\perp + (\sin 2\xi)e_{\mathrm{II}}\right]$$

که در این روابط **u** سرغت حرکت مرز **ρa** و **Va** به ترتیب چگالي وسرعت باد ستاره ای کندمي باشد.علاوه بر معادله () معادلات بقا جرم و حرکت لایه را به شکل زیر داریم:

$$\frac{\partial\mu}{\partial t} = -\rho_a(u_\perp - v_{a\perp}) - 2\mu/R\left(\frac{\partial R}{\partial t}\right) - \mu\tan\xi\left(\frac{\partial\xi}{\partial t}\right) - \frac{\cos\xi}{R^2\sin\theta}\left[\frac{\partial}{\Im\theta}\left(R\sin\theta\mu(v_{\mathrm{II}} - u_{\mathrm{II}})\right)\right]$$
$$\tan\xi = -\frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial\theta}$$

ازانجا که انتظار داریم مرز با سرعت ثابت حرکت کند(**Chevalier 1982**)

مي توان نوشت $R(\theta,t) = W(\theta).t$ و نیز چگالي را با فرض تقارنکروی به صورت

$$\rho_a \propto \frac{1}{r^2} \longrightarrow \rho_a(R) = \rho_1\left(\frac{W_0 t_1}{Wt}\right)^2$$

$$W_0 = W(\theta = 0)$$

t1 زمان اولیه و **ρ1** مقدار **ρ** روی محور تقارن میباشد.

فشار داخلي را نيز به شكل(**chevalier 1982**) :

$$P_i + \frac{B_i^2}{8\pi} = P_1 f(x)(\frac{t_1}{t})^2$$
$$x = r/H = \frac{W}{W_0}(\alpha \sin\theta), f(0) = 1, \alpha = \frac{W_0 t}{H},$$

H در اينجايك مقياس طول است و $f(x)$ ابستگي زاويه اى فشار داخلي را تعيين ميكند.چگالي سطحي μ را نيز به صورت $\mu_S = \rho_1 t_1 W_0 \Omega(\theta)$ تعريف مي كنيم.حال بايد به حل معادلات بپردازيم لذا كميات بدون بعد زير را در نظر مي گيريم:

$$W = W_0 v(\theta)$$
$$V_{\text{II}} = W_0 U(\theta)$$
$$\lambda = V_a / W_0$$
$$u_\perp = v_\perp$$

نهايتامعادلا ت به فرم زير در مي آيند:

$$(\ )\tan\xi = -\frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial\theta}$$
$$\Omega v^2 = (v-\lambda)\cos\xi - \frac{\cos\xi}{\sin\theta}\left[\frac{\partial}{\partial\theta}\left(v\sin\Omega(u + v\sin\xi)\right)\right]$$
$$-\cos^2\xi\left(1-\frac{\lambda}{v}\right)^2 + (1-\lambda)^2 f(x) + (u + v\sin\theta)\Omega\frac{\cos\xi}{v}\left[\frac{\partial}{\partial\theta}(v\cos\xi) - u(1+\frac{\partial\xi}{\partial\theta})\right]$$
$$+\frac{g^2}{4\pi G\rho_1 t_1 W_0^2}\left[\cos 2\xi - f(x)\right] = 0$$
$$(1-\lambda)(u + \lambda\sin\xi) - (u + v\sin\xi)\Omega\left[\frac{\partial v}{\partial\theta} + v\cos\xi\left(1+\frac{\partial\xi}{\partial\theta}\right)\right] - \frac{g^2}{4\pi G\rho_1 t_1 W_0^2}(\sin 2\xi) = 0$$

درگام بعدى بابسط خطي توابع U, V, Ω, ξ درحوالي قطب سحابيه حل عددى اين معادلات به روش **odient** انجامي دهيم.

مراجع

(1) Weaver et.al 1977

(2) Fitzgrald et.al1978

(3) Giuliani 1982

(4) Chevalier & luo 1994

(5) Marceel Goosseense 2003