Tlusté disky

AGN 15

- vysoká míra akrece → více zář. → tlak zář. → nafukování
- oproti SD se nedělá zprůměrování přes z
- jednoduchý model: bezvírová kapalina, částice na kruhových drahách: $v_R = v_z = 0$, $v_\varphi = \Omega(R,z)\,R$
- poh. rovnice: $\frac{1}{\rho}\nabla P = -\nabla\Phi + \Omega^2(R,z)\vec{R} = \vec{g}_{eff}$

  Φ je gravitace od centra + disku - tady to jistě můžeme aproximovat grav. centra, ale ve výpočtu odhadu max. luminozity se vyskytne podíl disku

- u SS disku je grav. vyvažována rotací (rotují Keplerovsky) × tady to může být vyváženo ∇P — nebo spíš rotace × ∇P
- poh. rce pro dané $\Phi(R,z)$ určuje vztah mezi izobar. plochami a rotací
- předp. $P = P(\rho)$ - barotropní stav. rce (nezávisí explicitně na T)

  → potom $\Omega = \Omega(R)$ a g_{eff} má potenciál

$$\frac{1}{\rho}\nabla P = -\nabla\Phi + \Omega^2(R,z)\vec{R} \qquad / \nabla\times$$

$$\left(\nabla\frac{1}{\rho}\right)\times(\nabla P) + \frac{1}{\rho}\underbrace{\nabla\times\nabla P}_{=0} = -\underbrace{\nabla\times\nabla\Phi}_{=0} + \nabla\Omega^2\times R + \Omega^2\underbrace{\nabla\times R}_{=0}$$

$$\nabla\frac{1}{\rho}\times\nabla P = 2\Omega\frac{\partial\Omega}{\partial z}R\,\vec{e}_\varphi \quad\Rightarrow\quad \text{pro } P(\rho) \text{ je } \frac{\partial\Omega}{\partial z} = 0$$

← tohle jsou složky vekt. pole kolmého na izobary

viz též AGN 16

$$\frac{1}{\rho}\,dP = (g_{eff})_R\,dR + (g_{eff})_z\,dz \qquad \bar{\Phi} = -\int\frac{dP}{\rho(P)}$$

$$\to\ d\bar{\Phi} = -(g_{eff})_R\,dR - (g_{eff})_z\,dz \quad\Rightarrow\quad d\bar{\Phi} \text{ je tot. dif.}$$

$$\text{a } g_{eff} = -\nabla\bar{\Phi}$$

→ splývají plochy konst ρ, P a $\bar{\Phi}$

AGN 16

$P = \frac{4}{3}\sigma T^4 + \rho \frac{kT}{m_p}$ $\Leftarrow$ (Pr) barotropní st. rce

(+) $P_{gas}/P = \text{const.}$ $\to$ $P \propto \rho^{4/3}$

$$\frac{P}{P_{gas}} = 1 + a\frac{T^3}{\rho} \Rightarrow T \propto \rho^{1/3} \Rightarrow P \propto \rho^{4/3}$$

- střed disku (torus) $\nabla P = 0$

---

výše - trochu pořádněji:

obecná stav. rce $P = \frac{4}{3}\sigma T^4 + \rho\frac{kT}{m_p}$

předp.: $\frac{P}{P_{gas}} = \text{const.}$ $\to$ $T \propto \rho^{1/3}$ $\to$ $P \propto \rho^{4/3}$ $\to$

polytropní a zár. barotropní stav. rce

---

ad 15

implikace $\Omega = \Omega(R) \Rightarrow \vec{g}_{eff}$ má potenciál a dá srovnat

ukázat tak, že si zavedu $\Phi_\Omega = \int \Omega^2 R \, dR$

gradient pak bude mít jedinou složku ve směru R, a to $\frac{\partial \Phi_\Omega}{\partial R}\vec{R} = \Omega^2 \vec{R}$

$\vec{g}_{eff}$ má potenciál $\Rightarrow P = P(\rho)$:

$\vec{g}_{eff}$ má pot. $\Rightarrow$ $\vec{g}_{eff} = -\nabla\Phi$ $\to$ $\frac{1}{\rho}\nabla P = -\nabla\Phi$ $/\times\nabla$ $\to$

$$\underbrace{\nabla\left(\frac{1}{\rho}\right) \times \nabla P}_{=0} + \frac{1}{\rho}\underbrace{\nabla \times \nabla P}_{=0} = \underbrace{-\nabla \times \nabla\Phi}_{=0}$$

$\Rightarrow \nabla\rho \parallel \nabla P$

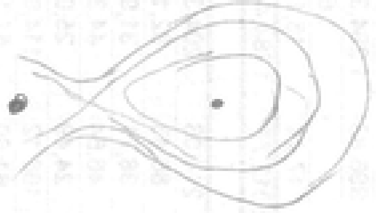
z ~~pol. rce~~ →

– ve skriptech ukázka ekvipotenciál pro $p \propto \rho^{4/3}$ a l = konst.

⇒ objevuje se zde analog Rocheova laloku → přetok hmoty (i kvůli viskozitě)

– dostane se to integrací vert. složky Eulera

– protože je na okraji $P=0$, musí být přechod $\frac{\partial P}{\partial R}=0$ → střed disku



---

záření tlakové podpory:

– předpokládáme že tlak předp. $P=P_{rad}$ → $F = -\frac{c}{\varkappa\rho}\nabla P$

↗ rovnovážný tok zář.

– dále to lze brát tak, že odhadujeme F_{rad}, který dostaneme pro takový disk, když je $P=P_{rad}$

→ $L = \frac{c}{\varkappa}\int_S \nabla\Phi \, dS - \frac{c}{\varkappa}\int_S \Omega^2 R \, dS$ (předp. disk, že $\varkappa$ = konst.)

– nedělá se tu předpoklad o stav. rovnici, integruje se přes povrch torusu

$\nabla\cdot(\vec{R}\Omega^2) = \frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial R}(R^2\Omega^2)$

$$L = \frac{c}{\varkappa}\int_V \nabla^2\Phi \, dV - \frac{c}{\varkappa}\int_V \nabla\cdot(\Omega^2\vec{R}) \, dV =$$

$$= \underbrace{\frac{4\pi G M_\bullet c}{\varkappa}}_{=L_{edd}(M_\bullet)} + \underbrace{\frac{c}{2\pi}\int_V \left(R\frac{\partial\Omega}{\partial R}\right)^2 dV}_{\geq 0} - \underbrace{\frac{c}{2\pi}\int_V \left[\frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial R}(R^3\Omega)\right] dV}_{\geq 0}$$

=0 pro l = konst.

↗ luminozita disku není nijak výrazně vázána na $M_\bullet$ a může v principu přesahovat i $L_{edd}(M_\bullet)$

– ta vazba je skrze rychlostní profil $\Omega(R)$