

## **Cvičení č. 2 (Stabilita galaktických disků, Toomreovo kritérium):**

### **Obecná část:**

#### **A. Gravitační nestabilita ve 3D homogenním prostředí. Jeansovo kritérium.**

- a) Odvod'te disperzní relaci pro slabé gravitační poruchy ve 3D homogenním plynném prostředí (viz např. BT\*, str. 286-290).
- b) Z této relace dále odvod'te Jeansovo kritérium pro gravitační nestabilitu (BT, str. 290-291).
- c) Napište (neodvozujte) analogické kritérium neutrální stability pro hvězdný systém (rovnice 5-30 v BT), graficky naznačte disperzní relaci pro hvězdný systém (obr. 5-1 v BT) a srovnajte s disperzní relací pro plynné prostředí, odvozenou v bodě a).

#### **B. Gravitační nestabilita ve stejnoměrně rotující 2D ploše.**

- a) Napište (neodvozujte) disperzní relaci pro slabé gravitační poruchy v plynné 2D ploše s konstantní plošnou hustotou, rotující s konstantní úhlovou frekvencí (rovnice 5-92 na str. 312 v BT). Srovnajte důsledky této relace s těmi, jež vyplývají z relace odvozené v bodě A.a). Vycházejte přitom z textu na str. 313 v BT (text mezi rovnicemi 5-92 a 5-93).
- b) Napište podmínku, za které je výše uvedená plocha stabilní na všech vlnových délkách (rovnice 5-93 v BT) a srovnajte ji s analogickými podmínkami pro stejnoměrně rotující 2D hvězdný systém (rovnice 5-97) a 3D izotermální plynný disk (rovnice 5-98).

#### **C. Gravitační nestabilita v diferenciálně rotujícím 2D disku.**

- a) Napište (neodvozujte) disperzní relaci pro slabé a osově symetrické poruchy v plynném, diferenciálně rotujícím 2D disku (rovnice 6-47 na str. 362 v BT).
- b) Napište rovnici neutrální stability a odvod'te z ní, za jaké podmínky bude výše uvedený disk stabilní na všech vlnových délkách. Definujte Toomreův parametr  $Q$  pro plynné i hvězdné prostředí (rovnice 6-49 a 6-53) a vysvětlete, jakou hraje roli v dynamice galaktických disků (viz text na str. 363 v BT).
- c) Načrtněte křivku neutrální stability pro plynný a hvězdný disk (obr. 6-13 na str. 364 v BT). Definujte a interpretujte vlnovou délku  $\lambda_{\text{crit}}$  (rovnice 6-50), která je v obr. 6-13 použita.

### **Aplikace:**

1. Vyjádřete křivku neutrální stability pro plyn jako závislost  $Q = f(\lambda/\lambda_{\text{crit}})$ . Pro jaké  $\lambda/\lambda_{\text{crit}}$  má tato křivka maximum ?
2. S pomocí výše zjištěné závislosti určete interval nestabilních vlnových délek pro  $Q = 0, 0.8$  a  $1$ .
3. Odhadněte  $Q, \lambda_{\text{crit}}$  a nejnestabilnější vlnovou délku hvězdného disku v okolí Slunce.

---

\* BT = Binney & Tremaine (Galactic Dynamics, 1987).