

Petr Zasche

Cvičení z galaktické a extragalaktické astronomie

ZS 2010/11

1 Jeansova nestabilita

Odvoďte vzorec pro Jeansovu délku a hmotnost. (Předpoklady: nekonečné homogenní prostředí, jeden oblak plynu (ideálního), žádné vnější vlivy.) Spočítejte Jeansovu hmotnost pro plyn o teplotě $T = 10$ K a hustotě $\rho = 10^{10}$ atomů vodíku v m^3 . Diskutujte zdali by mohl být zárodečným oblakem naší Sluneční soustavy a také samotné principiální omezení Jeansovy úvahy. (Jeansův švindl ...)

2 Initial mass function (IMF)

Představte si, že pozorujete OB asociaci, která má 10 členů (to znamená 10 hvězd typu O a B). Odhadněte:

- Počet méně hmotných hvězd
- Celkovou hmotnost systému a kolik z toho je v O a B hvězdách a kolik v ostatních
- Hmotnost nejhmotnější hvězdy v systému

Zkuste nejprve tyto hodnoty odhadnout.

K výpočtu použijte Salpeterovu IMF: $dN \sim M^{-2.35} dM$

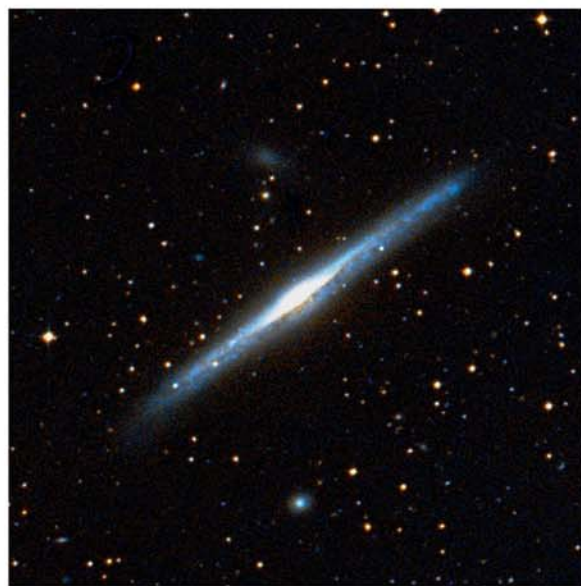
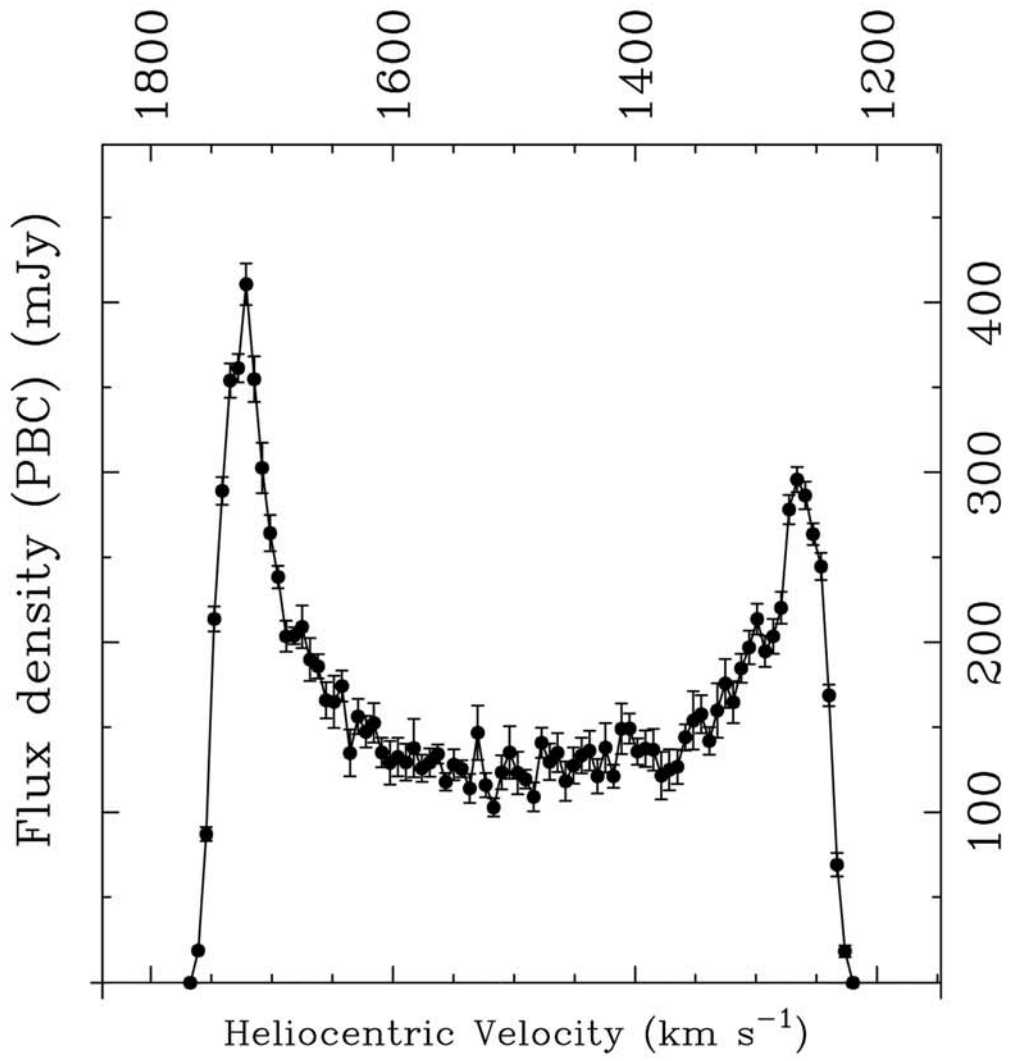
Minimální hmotnost hvězdy typu B je cca $4 M_{\odot}$.

3 Plyn v galaxiích

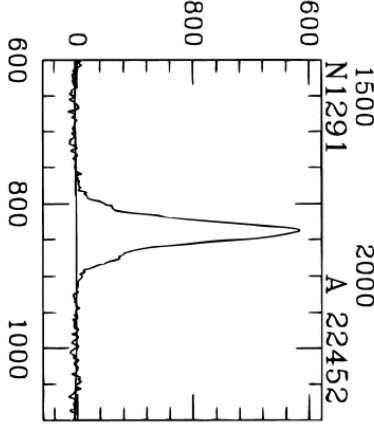
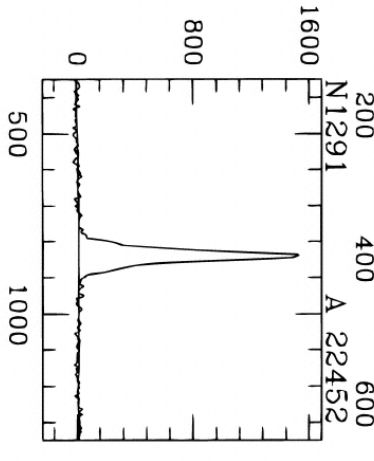
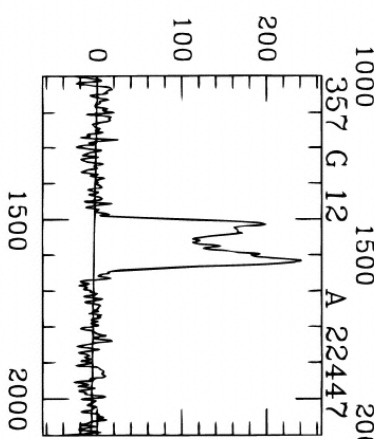
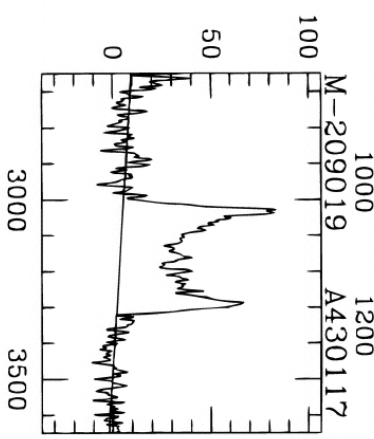
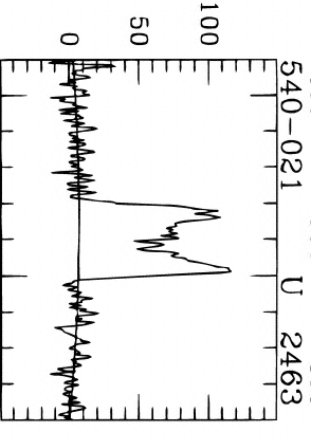
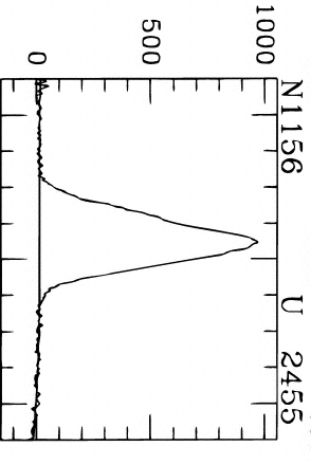
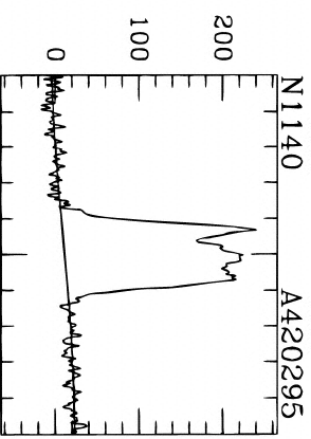
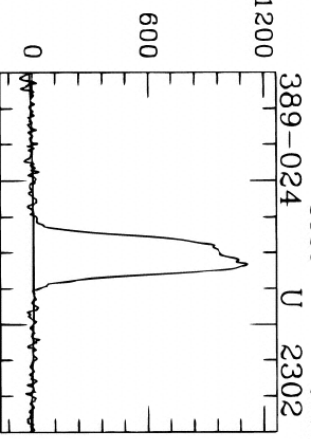
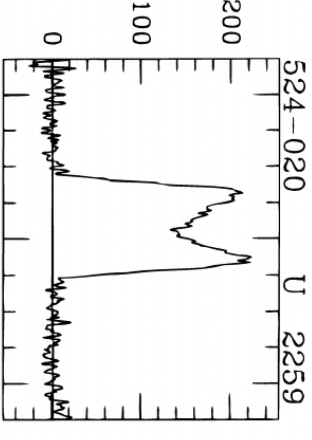
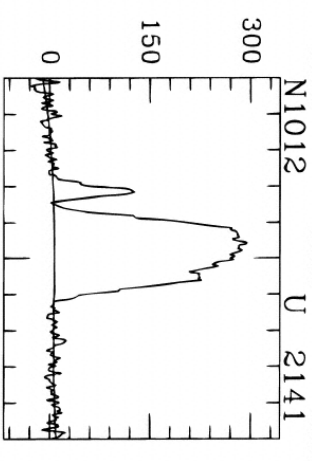
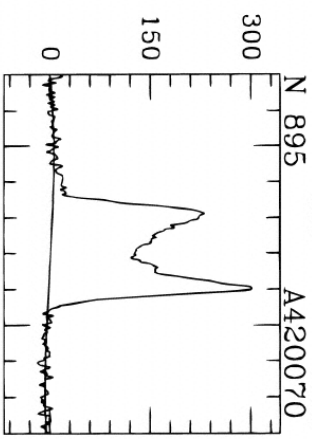
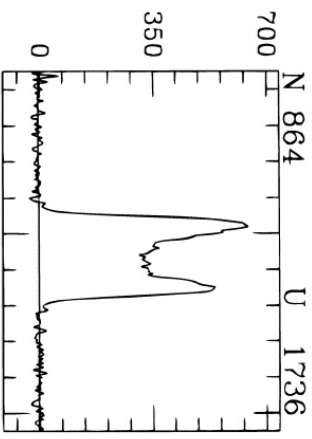
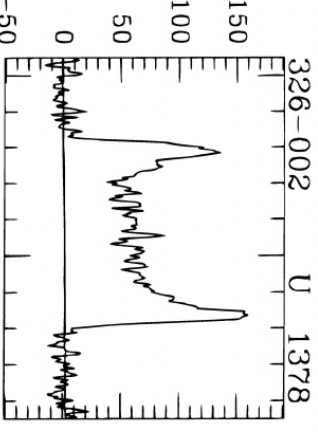
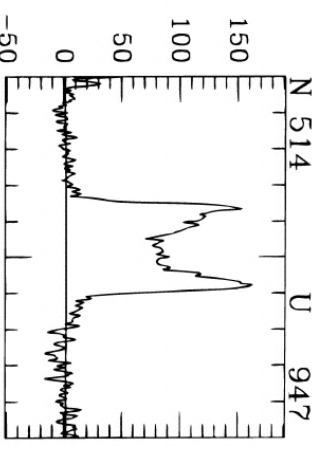
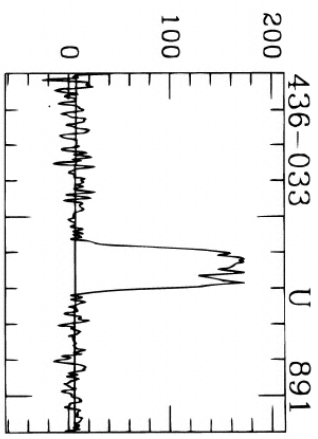
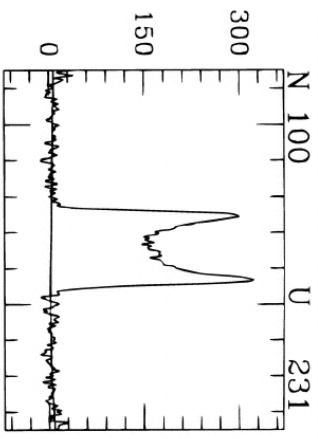
HI obálky (HI shells) patří k běžným objektům pozorovaným v rozložení neutrálního vodíku v mnoha galaxiích. První seznam obálek v naší Galaxii publikoval C.Heiles (1979, ApJ 229, 533). Obálky jsou označeny názvem typu $GSlllbbvv$, kde GS je zkratka výrazu "galactic structure/shell", ll , bb a vv jsou souřadnice středu obálky (galaktické souřadnice l a b) a radiální rychlost středu v (vůči LSR - local standart of rest). Spočítejte vzdálenosti od Galaktického centra a lineární rozměry následujících tří struktur z Heilesova seznamu, když víte, že:

- úhlové rozměry GS139 – 03 – 69 jsou $\Delta l \times \Delta b = 18^{\circ} \times 10^{\circ}$
 - úhlové rozměry GS041 + 01 + 27 jsou $\Delta l \times \Delta b = 14^{\circ} \times 12^{\circ}$
 - úhlové rozměry GS061 + 00 + 51 jsou $\Delta l \times \Delta b = 3^{\circ} \times 4^{\circ}$
-

NGC 5170



NGC 5170 on DSS2 all sky survey; 0.2° view
Credit: Anglo-Australian Observatory/STScI/WikiSky



4 Plyn v galaxiích, úloha 2

HI pozorování externích spirálních galaxií přináší také dost informací o těchto galaxiích. Zkuste určit co nejvíce údajů o externí galaxii NGC 5170 (viz obrázek).

5 Chemický vývoj v galaxiích

Tzv. *Closed-box model*

a) spočítejte jak se bude vyvíjet uzavřený systém hvězd a plynu ($M_t = M_s + M_g = \text{konst.}$), ve kterém dochází k tvorbě hvězd (počáteční stav: samý plyn). Napiště rovnice popisující vývoj metalicity Z . Předpokládejte, že ΔM_s vzniklých hvězd vyrobí $p\Delta M_s$ těžších prvků a ty se do okolního prostředí uvolní okamžitě (tzv. *instantaneous recycling approximation*).

b) Na základě modelu určete množství hvězd s metalicitou $\frac{1}{4}Z_0$.

6 Pohyb v gravitačním poli

Slunce se pohybuje po téměř kruhové dráze kolem Galaktického centra ve vzdálenosti $R_0 \approx 8$ kpc, rychlostí $V_0 \approx 200$ km/s. Pokud by byla veškerá hmota Galaxie koncentrována v centru, ukažte že hmotnost GC bude poté cca $7 \times 10^{10} M_\odot$ a že tedy hvězdy ve slunečním okolí pohybující se rychleji nežli $\sqrt{2}V_0$ opustí Galaxii. Ve skutečnosti ale vidíme blízké hvězdy, jež se pohybují až 500 km/s - vysvětlete. Za předpokladu, že Galaxie má potenciál Plummerovy sféry s $a_p = 8$ kpc za použití vzorce pro Plummerovu sféru a pohybových vlastností Slunce kolem středu, vypočítejte celkovou hmotnost Galaxie. Dokáže tento model vysvětlit existenci hvězd pohybujících se rychlostí 500 km/s? Pokud ne, jak je to tedy možné?

7 Rozložení částic v potenciálním poli...

Tento příklad zkoumá závislost rozložení částic na gravitačním potenciálu. Zanedbává se vlastní gravitace částic, takže výsledky příkladu jsou dobře aplikovatelné například na rozložení plynu v Galaxii.

- Odvoďte, jaká je závislost mezi částicovou hustotou n a gravitačním potenciálem Φ . Uvažujte izotermální částice. Situaci si můžete zjednodušit předpokladem, že Φ i n jsou funkcemi pouze jedné souřadnice (např. z). Zanedbejte vlastní gravitaci částic.
 - Zkoumejte rozložení částic v disku galaxie $n(z)$ pro potenciál typu nekonečně tenké desky v $z = 0$
 - Zkoumejte rozložení částic v disku galaxie $n(z)$ pro potenciál typu nekonečného homogenního prostředí
-

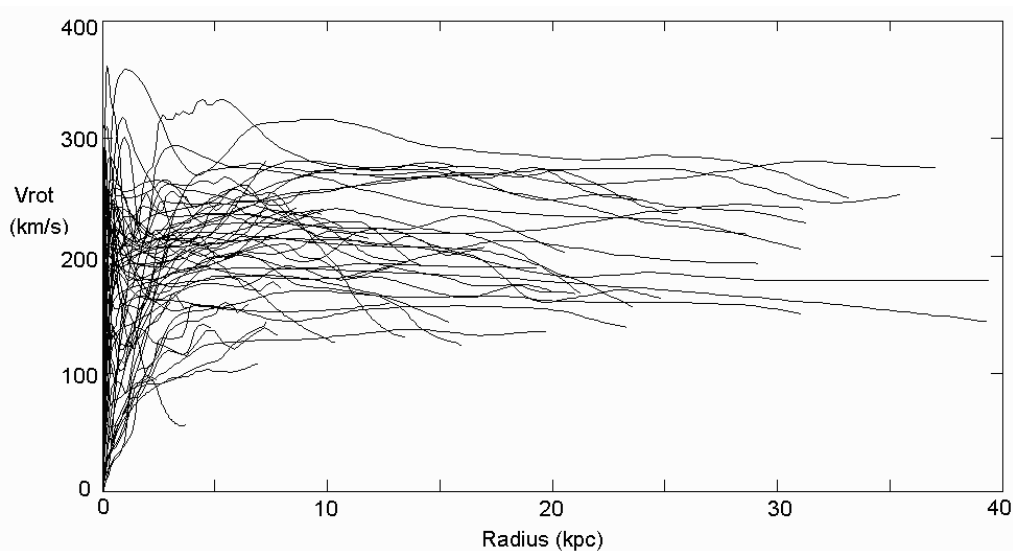
8 Základní charakteristiky galaxií

Doplňte chybějící údaje do následující tabulky:

Vlastnost	Elipsoidické	Spirální	Nepravidelné
Procento zastoupení typu	$\gtrsim 60\%$	$\lesssim 30\%$	$\lesssim 15\%$
Zastoupení plynu jako procento hmotnosti hvězd		5-15%	
Hvězdné populace			Populace I a II
Přibližný rozsah hmotností			
Přibližný rozsah svítivosti	$\sim 10^5$ až $\sim 10^{11} L_{\odot}$	$\sim 10^9$ až $\sim 10^{11} L_{\odot}$	$\sim 10^7$ až $\sim 10^{10} L_{\odot}$
Rozsah průměrů (1 = průměr Galaxie)		0.02 – 1.5	0.05 – 0.25
Moment hybnosti na jednotku hmotnosti			malý

9 Další cvičení a úlohy, na doma, do testu ...

- Seznam objektů, které použijeme pro "hledání spirálních ramen" ?
- Proč metoda rotačních křivek dává pouze odhad spodního limitu pro hmotnost galaxie? Různé rotační křivky galaxií, viz obr. Proč metodu rotační křivky nelze použít pro elipsoidické galaxie?



- Určování vzdáleností ze Supernov typu I - všechny cca stejný peak svítivosti
 \Rightarrow Otázka: Mějme 3 galaxie v nichž je v každé jedna supernova, vyjmenujte všechny důležité info co potřebujete znát o těchto Supernovách i galaxiích, abyste tuto metodu nakalibrovali. Stručně vysvětlete jak na to.

- Příklad 2.9 - za předpokladu že $H_0 = 72 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ vypočítejte vzdálenost galaxie s rudým posuvem $z = 0.048$. Porovnejte váš výsledek s obrázkem (viz Fig.2.30). Dále na podobné téma příklad 2.11 - Typická hodnota rozptylu rychlostí galaxií je celkem cca 300 km/s. Jaká je tedy očekávaná hodnota rozptylu z v blízkých galaxiích, kde ze ještě zanedbat Hubbleův zákon?. A v cca jakých vzdálenostech začne tedy Hubbleův zákon dominovat nad těmito náhodnými pohyby (vezměte $H_0 = 72 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$) ?
- Odvoďte průměrnou dobu t mezi srážkami a střední volnou dráhu l hvězd a) v okolí Slunce, kde je jejich střední rychlost $v = 20 \text{ km/s}$ a prostorová hustota $N = 0.1 \text{ pc}^{-3}$ (uvažujte poloměr hvězd rovný R_\odot), b) v jádře Galaxie, kde $v = 1000 \text{ km/s}$ a kde se pohybuje 10^9 hvězd ve sféře o poloměru 5 pc (poloměr hvězd předpokládejte rovný $10 R_\odot$).
- [Binney & Tremaine - Galactic Dynamics 10.1] Tento příklad zkoumá efekt chyby v určení vzdálenosti pomocí Hubbleova zákona ($v_r = H_0 d$) na odvození hmotnosti: a) Předpokládejme, že hmotnost diskové galaxie je určena z měření rotační křivky až do nějaké vzdálenosti od centra galaxie. Ukažte, že hmotnost obsažená v tomto poloměru závisí na H_0^{-1} .

Doplňkové úlohy na doma/do testu...

b) Ukažte, že mass-to-light ratio galaxie s hmotností určenou v bodě a) závisí na H_0 .

c) Ukažte, že mass-to-light ratio skupiny galaxií, který byl odvozen za pomoci viriálového teorému, je úměrný H_0 .

- [Další úloha do případného testu - viz BT 10.2] Předpokládejme, že temná hmota je tvořena železnými asteroidy s hustotou $\rho = 8 \text{ g cm}^{-3}$ a poloměrem r , které jsou rovnoměrně rozprostřeny v mezigalaktickém prostředí (ignorujte problém, jak vytvořit tolik železa z primordiálního helia a vodíku). Pro vesmír s $\Omega_0 = 1$ najděte dolní odhad poloměru r z podmínky, že vesmír není neprůhledný (tzn. vidíme vzdálené kvazary). Stačí řádový odhad. Pro připomenutí: $\Omega = \rho / \rho_{crit}, \rho_{crit} = \frac{3H^2}{8\pi G}$.