

Zasto galaksija nije 'bumpy': 2-body relaxation

- Devijacija putanje zvijezde zbog duboke pot. jame druge = sudar

- Grav. potencijal galaksije

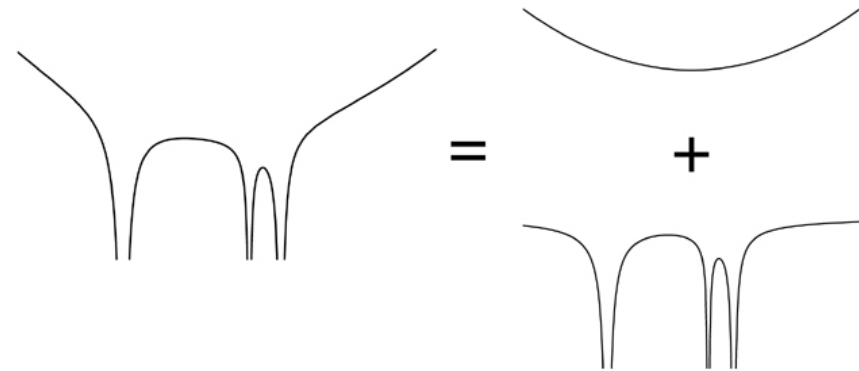


Fig 3.3 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

Jaki bliski susreti

- Jak susret:
 - zvijezda se približi drugoj toliko da joj sudar potpuno promijeni brzinu i smjer kretanja
 - Ako je u najbliskijem susretu promjena potencijalne E barem jednaka kin. E

Jaki bliski susreti

- Jak susret:
 - zvijezda se približi drugoj toliko da joj sudar potpuno promijeni brzinu i smjer kretanja
 - Ako je u najbliskijem susretu promjena potencijalne E barem jednaka kin. E

- Pretpostavke:
 - zanemarujemo grav. silu ostatka galaksije
 - Zvijezde imaju mase m ; nasumične brzine te prosječnu brzinu V :

$$\frac{Gm^2}{r} \geq \frac{mV^2}{r} \rightarrow r \leq r_s \equiv \frac{2Gm}{V^2}$$

- r_s je radijus jakog susreta
- U blizini Sunca
 $V \sim 30 \text{ km/s}$, $m = 0.5 M_{\text{sol}}$
 $\Rightarrow r_s \sim 1 \text{ AU}$

Jaki bliski susreti: koliko su cesti?

- Znamo: Sunce nije imalo snazan susret u zadnjih 4.5 Gyr
- Sunce se giba brzinom V u vremenu $t \rightarrow$ jak susret s drugim zvijezdama moguć unutar cilindra radijusa r_s i volumena $\pi r_s^2 V t$

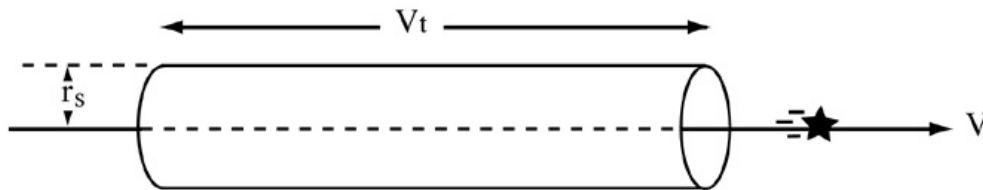


Fig 3.4 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP2007

Jaki bliski susreti: koliko su cesti?

- Znamo: Sunce nije imalo snazan susret u zadnjih 4.5 Gyr
- Sunce se giba brzinom V u vremenu $t \rightarrow$ jak susret s drugim zvijezdama moguć unutar cilindra radijusa r_s i volumena $\pi r_s^2 V t$

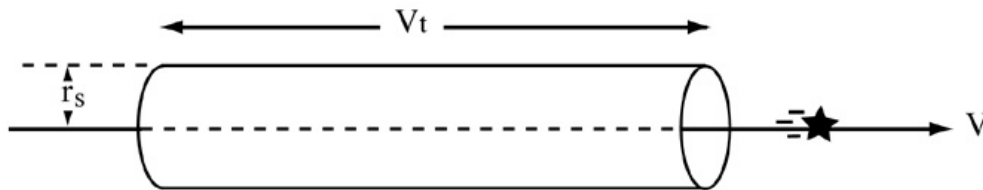


Fig 3.4 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP2007

- Ako postoji n zvijezda po jedinici volumena, Sunce će doživjeti jedan jak susret unutar t_s t.d.
 $n\pi r_s^2 V t = 1$

- Srednje vrijeme između jakih susreta jest onda:

$$t_s = \frac{V^3}{4\pi G^2 m^2 n}$$

$n \sim 0.1 \text{ pc}^{-3}$ u blizini Sunca
 $\Rightarrow t_s \sim 10^{15}$ god \gg starosti svemira

Jaki bliski susreti: koliko su cesti?

- Znamo: Sunce nije imalo snazan susret u zadnjih 4.5 Gyr
- Sunce se giba brzinom V u vremenu $t \rightarrow$ jak susret s drugim zvijezdama moguć unutar cilindra radijusa r_s i volumena $\pi r_s^2 V t$

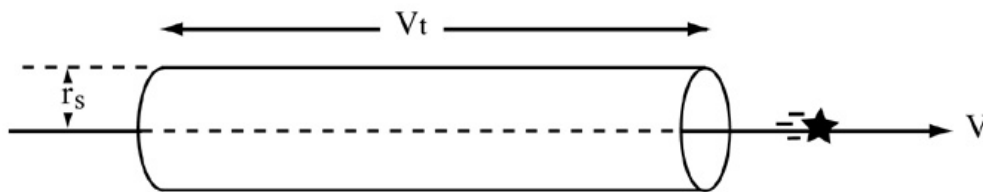


Fig 3.4 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gal

- Ako postoji n zvijezda po jedinici volumena, Sunce će doživjeti jedan jak susret unutar t_s t.d.
 $n\pi r_s^2 V t = 1$

- Srednje vrijeme između jakih susreta jest onda:

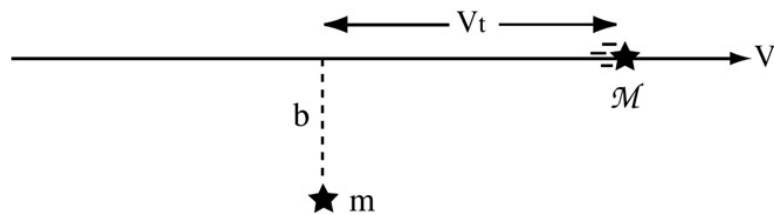
$$t_s = \frac{V^3}{4\pi G^2 m^2 n}$$

$n \sim 0.1 \text{ pc}^{-3}$ u blizini Sunca
 $\Rightarrow t_s \sim 10^{15}$ god \gg starosti svemira

Nisu cesti (osim u gustim središtima globularnih skupova zvijezda i galaktičkim jezgrama)

Daleki slabi susreti

- Dalek slab susret:
 - Kumulativno privlačenje svih dalekih zvijezda
 - Approx impulsa



$$F_{\perp} = \frac{GmMb}{(b^2 + V^2 t^2)^{3/2}} = M \frac{dV_{\perp}}{dt}$$

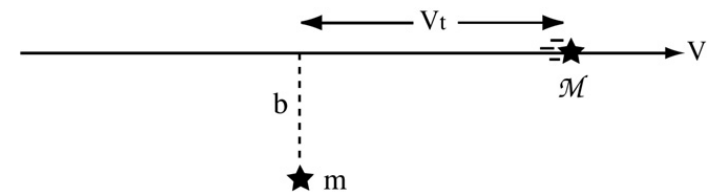
$$\rightarrow dV_{\perp} = \frac{1}{M} \int_{-\infty}^{\infty} F_{\perp} dt = \frac{2Gm}{bV}$$

- Approx. impulsa vrijedi ako okomito gibanje ne promijeni značajno relativne položaje m & M unutar $\Delta t \sim b/V \rightarrow$ okomita brzina mora biti manja od V \rightarrow

$$b \gg \frac{2G(m+M)}{V^2} \gg r_s$$

Daleki slabi susreti

- Zvijezdu M vuku mnoge zvijezde $m \rightarrow \Delta V$ u raznim smjerovima $\rightarrow \Delta V^2 = ?$

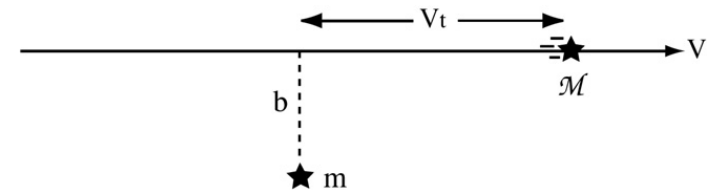


- U vremenu t broj zvijezda N mase m koje utjecu na M je umnozak nj. brojne gustoće n i volumena $Vt \times 2\pi b \Delta b$

$$\langle \Delta V_{\perp}^2 \rangle = \int_{b_{\min}}^{b_{\max}} n V t \left(\frac{2Gm}{bV} \right)^2 2\pi b db = \frac{8\pi G^2 m^2 n t}{V} \ln \frac{b_{\max}}{b_{\min}}$$

Daleki slabi susreti

- Zvijezdu M vuku mnoge zvijezde $m \rightarrow \Delta V$ u raznim smjerovima $\rightarrow \Delta V^2 = ?$
- U vremenu t broj zvijezda N mase m koje utjecu na M je umnozak nj. brojne gustoće n i volumena $Vt \times 2\pi b \Delta b$



- t_{relax} t.d. $\langle \Delta V^2 \rangle = V^2$; $b_{\text{min}} = r_s$;
 $b_{\text{max}} =$ cijeli sustav; Blizina Sunca
 $\Rightarrow t_{\text{relax}} \sim 10^{13}$ god
- Gibanje zvijezda poput Sunca: utjecaj pojedinih zvijezda se može ignorirati i razmatrati samo 'smooth' potencijal galaksije

$$\langle \Delta V_{\perp}^2 \rangle = \int_{b_{\text{min}}}^{b_{\text{max}}} n V t \left(\frac{2Gm}{bV} \right)^2 2\pi b db = \frac{8\pi G^2 m^2 n t}{V} \ln \frac{b_{\text{max}}}{b_{\text{min}}}$$