

Linnunradan rakenne – harjoitus 5 syksy 2022

Ratkaisut on palautettava ma 21.11. klo 12.00 mennessä kurssin Moodle-sivulle.

1. Linnunradan keskustan mustan aukon paikkaa osoittavan kompaktin radiolähteen SgrA* galaktisen longitudin suuntaiseksi ominaisliikkeeksi on mitattu $\mu_l = -6.4 \text{ mas v}^{-1}$. Toisaalta tiedetään, että läheisten tähtien radiaalisen ja tangentiaalisen nopeushajonnan suhde on

$$\frac{\sigma_{\Theta}^2}{\sigma_{\Pi}^2} = 0.45.$$

- (a) Mikä on Auringon kiertoaika Linnunradan keskustan ympäri?
- (b) Laske annettujen tietojen perusteella Oortin vakiot A ja B yksiköissä $\text{km s}^{-1} \text{ kpc}^{-1}$.
- (c) Laske Auringon kierto liikkeen episyklitaajuus κ .

Jätä tässä Auringon pekuliaarinen liike huomiotta.

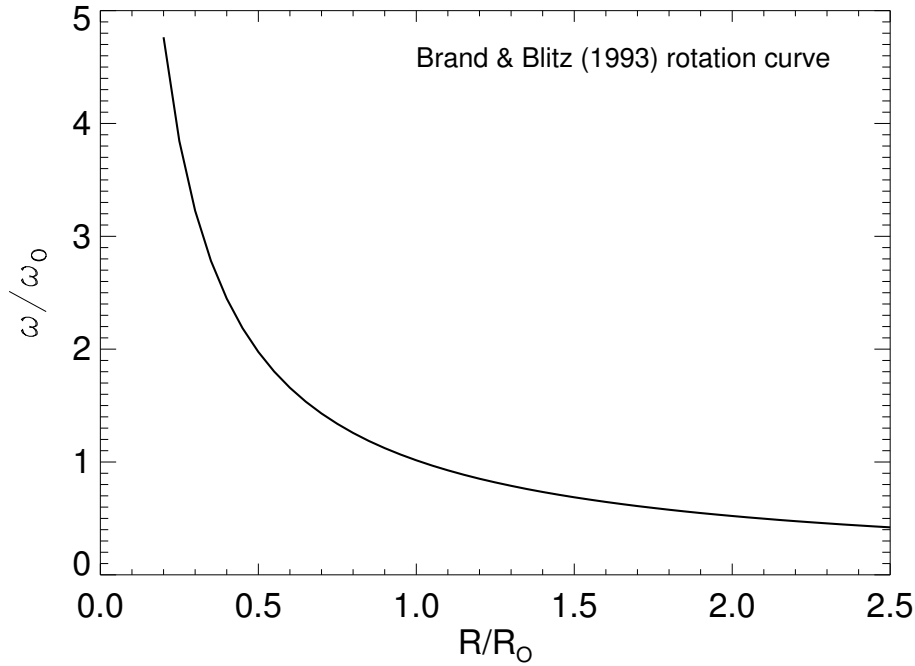
2. Linnunradan tasossa sijaitsevan molekyyli pilven galaktinen pituus on $l = 30^\circ$ ja sen säteisnopeudeksi mitataan $v_r = +50 \text{ km s}^{-1}$. Laske pilven etäisyys d olettaen, että se kuuluu alueeseen jossa Linnunradan rotaatiokäyrä on laakea, ts. $\Theta \approx \Theta_0$. Käytä laskussa arvoja $\Theta_0 = 220 \text{ km s}^{-1}$ ja $R_0 = 8.2 \text{ kpc}$.
3. Erään galaksin rotaatiokäyrää (kiertonopeutta radiaalisen etäisyyden R funktiona) voidaan kuvata seuraavasti:

$$\Theta(R) = \begin{cases} \gamma R & \text{kun } R < R_c \\ \Theta_c & \text{kun } R \geq R_c, \end{cases}$$

missä Θ_c on vakio.

Johda lausekkeet Oortin ”vakioille” $A(R)$ ja $B(R)$. Saat vakion γ arvon olettamalla, että käyrä on jatkuva.

4. Molekyyli pilven galaktiset koordinaatit ovat $l = 13^\circ$, $b = 0^\circ$.
 - (a) Mikä on kohteen pienin mahdollinen etäisyys Linnunradan keskuksesta, kun auringon etäisyydeksi keskuksesta oletetaan $R_0 = 8.2 \text{ kpc}$? Kuinka kaukana kohde tässä tapauksessa sijaitsisi?
 - (b) Kohteen säteisnopeus LSR:n suhteen on $V_{\text{LSR}} = +35 \text{ km s}^{-1}$. Säteisnopeus voidaan ilmaista Linnunradan keskustan ympäri tapahtuvan liikkeen kulmanopeuden funktiona: $v_r = R_0(\omega - \omega_0) \sin l$. Laske kulmanopeuksien suhde ω/ω_0 , kun oletetaan ympyräliikkeen nopeudeksi auringon etäisyydellä $\Theta_0 = 220 \text{ km s}^{-1}$.
 - (c) Brand ja Blitz (1993, A&A 1993, 275, 67) johtivat emissio- ja heijastussumujen avulla Linnunradan rotaatiokäyrän välillä $0.2 < R/R_0 < 2.4$. Tämä käyrä voidaan esittää suhteellisen kulmanopeuden ω/ω_0 avulla alla olevan kuvan mukaisesti. Arvioi kuvan perusteella kohteen etäisyys R Linnunradan keskuksesta.



- (d) Laske kohteen etäisyys d galaktosentrisen etäisyyden R ja galaktisen pituuden l perusteella. Mahdollisia arvoja on kaksi.
5. Keskeisvoimakenttä tarkoittaa kenttää, joka suuntautuu tiettyyn pisteseen tai siitä poispäin, ja sen suuruus riippuu vain tästä pisteestä lasketusta etäisyydestä r . Tässä tapauksessa voima massayksikköä kohden on $\mathbf{f} = f(r)\hat{\mathbf{e}}_r$. Yleinen liikeyhtälö on $\ddot{\mathbf{r}} = \mathbf{f}$.
- (a) Osoita, että keskeisvoimakentässä liikkuvan kappaleen impulssimomentti massayksikköä kohti (*specific angular momentum*) keskipisteen suhteen, $\mathbf{l} = \mathbf{r} \times \dot{\mathbf{r}}$, on vakio. Tässä \mathbf{r} on siis keskipisteestä laskettu paikkavektori.
- (b) Kirjoita impulssimomentin yleinen lauseke luennolla esillä olleessa sylinterikoordinaatistossa (r, ϕ, z) , jossa paikkavektoria merkitään symbolilla \mathbf{s} ja yksikkövektorit ovat $(\hat{\mathbf{e}}_r, \hat{\mathbf{e}}_\phi, \hat{\mathbf{e}}_z)$.