

Galaksit ja kosmologia – harjoitus 5 syksy 2023

Ratkaisut on palautettava ma 20.11. klo 12.00 mennessä kurssin Moodle-sivulle.

- Mitä luminositeettia vastaisi 0.1 Auringon massan muuntaminen puhtaaksi energiaksi vuodessa?
 - Tähdet menettävät ikääntyessään massaa tähtituulissa noin $1M_{\odot}$ verran vuodessa $10^{10}L_{\odot}$ luminositeettia kohden. Mikäli kaikki tähtien menettämä kaasu päätyisi galaksin keskustan mustaan aukkoon ja 10% siitä muuntuisi energiaksi, kuinka suuri luminositeetti Linnunradan keskustalla tällöin olisi? Vertaa tulosta tähtien luminositeettiin.
 - Vertaa saatua tulosta Linnunradan mustan aukon Eddingtonin luminositeettiin. Miksi kohdan b oletus ei kuulosta kovin realistiselta?
- Avaruuskaukoputki Hubblella on havaittu Neitsyen galaksijoukon jättiläisellipsigalak- sia M87, ja emissioviiva-havainnoista on voitu päätellä, että galaksin ytimessä olevat kaasupilvet kiertävät galaksin keskustan ympärillä nopeudella $v = 500 \text{ km s}^{-1}$, säteen $r = 0.25''$ (kaarisekunnin) päässä.
 - M87 galaksin etäisyys on $D = 16 \text{ Mpc}$, mikä on tällöin säteen $r = 0.25''$ sisäpuolel- le jäävän kappaleen massa?
 - Minkälaisesta kappaleesta on kyse ja miksi havainnot tehtiin nimenomaan avaruuskaukoputkella eikä maanpäällisellä instrumentilla?
- Maailmankaikkeuden tämän hetkinen kaikista galakseista johtuva luminositeetti- tiheys on noin $L_B \sim 2 \cdot 10^8 h L_{\odot} \text{ Mpc}^{-3}$. Oletetaan nyt, että puolet tästä valosta tulee spiraaligalaksien kiekkoista, joilla massa-valo suhde on $M/L \approx 3$.
 - Osoita, että kiekkotähtien kosmisen massatiheyden tiheysparametri Ω_{\star} saa täl- löin arvon $\Omega_{\star} = \rho_{\star}/\rho_{crit} \approx 1.1 \cdot 10^{-3} h^{-1}$.
 - Vertaa tätä tiheyttä Damped Lyman- α systeemeissä olevan neutraalin kaasun tiheyteen ($\Omega_{\text{DLA,HI}}$) punasiirtymällä $z \sim 3$ (Luento 9) ja osoita, että $\Omega_{\star}(z = 0)$ ja $\Omega_{\text{DLA,HI}}(z = 3)$ ovat samaa suuruusluokkaa. Mikä on tämän havainnon fyysi- kaalinen selitys?
- Sagittariuksen kääpiösferoidaaligalaksi on tällä hetkellä Linnunradan lähin seuralais- galaksi ja se sijaitsee noin 15 kpc päässä Linnunradan keskustasta.
 - Laske mikä on Linnunradan massa säteen $r = 15 \text{ kpc}$ sisäpuolella, olettaen että Linnunradan pyörimiskäyrä pysyy vakioarvossaan $V(R) \approx 200 \text{ km s}^{-1}$ säteelle $r = 15 \text{ kpc}$ asti. Mikä on Linnunradan M/L -suhde tämän säteen sisäpuolella, mikäli sen luminositeetti on $L_V \sim 5 \cdot 10^{10} L_{\odot}$ V -kaistassa?
 - Mikä Sagittarius-kääpiögalaksin massan tulisi olla, jotta tähdet 5 kpc päässä sen keskustasta pysyisivät sidottuna siihen? Etsi kirjallisuudesta Sagittarius- kääpiögalaksin luminositeetti ja laske, mikä olisi tässä tapauksessa sen M/L - suhde? Vertaa saatua tulosta Linnunradan ja muiden kääpiösferoidaaligalaksien massa-valo suhteisiin.
- Oletetaan, että kaasun metallipitoisuus hetkellä $t = 0$ kun tähtiensynty käynnistyi oli $Z(0) = 0.15Z_{\odot}$ ja metallipitoisuus tällä hetkellä on $Z(t = \text{nyt}) = 0.7Z_{\odot}$. Lisäksi

kaasun massojen suhde alkuhetken ja tämän hetken välillä on $M_g(t = 0)/M_g(\text{nyt}) = 50/13$. Lopuksi oletetaan, että systeemi on suljettu laatikko, johon ei virtaa kaasua sisään ja josta ei virtaa kaasua ulos. Käyttäen luennoilla tai kirjassa closed-box-mallille johdettuja kaavoja osoita, että systeemin metallituotto (yield) on $p \approx 0.4$. Laske lisäksi kuinka suurella osuudella tähdistä on tällä hetkellä metallipitoisuudet $Z < Z_\odot/4$ sekä $Z < Z_\odot/2$?