

# Examen Extragalactische sterrenkunde 2018-2019 1ste zit

Tweede Bachelor Fysica en Sterrenkunde

18 juni 2019

Antwoord steeds volledig, vergeet geen essentiële onderdelen, maar probeer ook to the point te blijven. Als je bij de oefening een antwoord van een vorige deelvraag nodig hebt die je niet hebt kunnen berekenen, laat deze dan staan in je antwoord als variabele en reken uit wat je kan. De methode is belangrijker dan het getal dat er uit komt.

## Vraag 1

- (a) Hoe kan de 3D verdeling van sterrenstelsels in het Universum bepaald worden? Geef aan welke innovatie in de observationele sterrenkunde hierbij sterk geholpen heeft.
- (b) Om deze 3D verdeling te beschrijven wordt gebruik gemaakt van de tweepunts correlatiefunctie. Hoe wordt deze gedefinieerd?
- (c) Bespreek 2 effecten die ervoor zorgen dat de TPCF niet direct uit de waargenomen 3D verdeling kan worden afgeleid.
- (d) In plaats van de TPCF wordt ook vaak het power spectrum gebruikt. Dit is als volgt gedefinieerd:

$$P(\mathbf{k}) = \int \int \int \xi(\mathbf{r}) e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}} d\mathbf{r}$$

Geef aan hoe deze uitdrukking vereenvoudigd kan worden als de TPCF enkel van de modulus  $r = |\mathbf{r}|$  afhangt.

(a) positie meten, redshift uit spectroscopie, multi-object spectroscopie, (b) zie cursus, (c) Kaiser-effect en Vinger van God-effect, (d) uiteindelijke vorm  $P(k) = 4\pi \int_0^\infty \xi(r) \frac{\sin(kr)}{kr} r^2 dr$

## Vraag 2

- (a) Leg uit waarom warm geïoniseerd gas, getraceerd via de H $\alpha$  lijnstraling, een goede tracer is voor recente stervorming.
- (b) Geef 3 redenen waarom H $\alpha$  toch niet ideaal is als tracer.
- (c) Geef 3 alternatieve methoden om stervorming te traceren.
- (d) Leg uit hoe het koelingsmechanisme van geïoniseerd gas veranderd als de temperatuur stijgt van  $\approx 10000$  K tot  $10^7$  K. In welke stelsels komt dit hete gas voor en hoe krijgt het die hoge temperatuur?

(a), (b), (c), (d): zie cursus: hoofdstuk over het interstellair medium

## Vraag 3

Voor het stelsel NGC 5529 werden waarnemingen gedaan in de H-band. Er werd een roodverschuiving van  $z = 0.007$  gemeten. Het intensiteitsprofiel is bij benadering dubbel exponentieel, dus van de vorm

$$I(r, z) = I_0 \exp\left(-\frac{|x|}{h_x} - \frac{|z|}{h_z}\right)$$

waarbij de schaallengtes gemeten zijn als  $h_x = 75.91''$  en  $h_z = 12.05''$ . De centrale oppervlaktehelderheid werd gemeten als  $\mu_H(0) = 19.8 \text{ mag arcsec}^{-2}$ . Van alle gevraagde grootheden wordt ook de waarde in de H-band bedoeld.

- Bereken de afstand tot NGC 5529 (in Mpc).
- Bereken de centrale intensiteit in lineaire eenheden ( $L_\odot \text{pc}^{-2}$ ).
- Bereken de luminositeit  $L_H$  van het stelsel in zonseenheden ( $L_\odot$ ).
- Bereken de absolute en de schijnbare magnitude in de H-band van het stelsel.
- Om de rotatiekromme op te meten werd een meting gedaan op  $x = 5'$  van het centrum van het stelsel. Hier werd een roodverschuiving gemeten van  $z(x = 5') = 0.00735$ . Je mag uitgaan van beweging op een cirkelvormige baan. Bereken de totale massa die zich binnen de straal van  $5'$  bevindt.
- Uit SPS-modellen blijkt dat de totale stellaire massa-lichtkrachtverhouding  $M_\star/L_H$  maximaal  $1.3 M_\odot/L_\odot$  bedraagt. De totale massa van gas binnen de straal van  $5'$  is gemeten als  $M_{gas} = 2.32 \cdot 10^{10} M_\odot$  en de totale massa aan stof als  $M_{dust} = 8.5 \cdot 10^7 M_\odot$ . Bereken de minimale massa van de donkere materie die in het stelsel aanwezig moet zijn (binnen  $5'$ ).

Gegeven:

$$G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}$$

$$c = 2.9979 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$$

$$M_{\odot, H} = 4.66$$

$$M_\odot = 1.988 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$1 \text{ pc} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

(a)  $\frac{v_{rad}}{c} = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1}$  en de wet van Hubble

(b) zoals gezien in de oefeningenlessen normaal, wel de bedoeling dat je de formule opnieuw afleidt

(c)  $I = dL/dA$ , dus  $L = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} I_0 \exp\left(-\frac{|x|}{h_x} - \frac{|z|}{h_z}\right) dx dz$ , uitkomst  $L = 4I_0 h_x h_z$ ,  $h_x$  en  $h_z$  te berekenen uit afstand en hoek:  $h(\text{pc}) = d(\text{pc}) \cdot \tan(h) \approx d(\text{pc}) \cdot h(\text{rad})$

(d) formules magnitudes uit 'Inleiding tot de Sterrenkunde'/'Fundamental Astronomy'

(e)  $v_{rad}$  opnieuw uit roodverschuiving, effectieve radiële snelheid is verschil van deze snelheid met die bepaald bij (a) voor de afstand,  $\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$  geeft  $M = \frac{v^2 R}{G}$ ,  $R$  te berekenen uit afstand en hoek  $5'$

alternatief voor verschil in snelheden: bij lineaire benadering  $\frac{v_{rad}}{c} = z$  kan je ook eerst de roodverschuivingen van elkaar aftrekken en daarna omzetten, ipv eerst omzetten en daarna het verschil te nemen

(f)  $M_\star/L_H \leq 1.3 M_\odot/L_\odot$ , dus  $M_\star \leq 1.3 \frac{L_H}{L_\odot} M_\odot$ , de totale massa (berekend in (e)) is  $M = M_\star + M_{gas} + M_{dust} + M_{DM}$  ( $DM = \text{dark matter}$ ), dit geeft  $M_{DM} = M - M_\star - M_{gas} - M_{dust} \geq M - 1.3 \frac{L_H}{L_\odot} M_\odot - M_{gas} - M_{dust}$  als ondergrens voor de massa van de donkere materie