

Examen Fysica van Galaxieën, 11 juni 2018

Naam: _____

THEORIE

Als je gevraagd wordt iets te “bespreken”, doe dit dan als een fysicus: niet alleen met tekst, maar ook met berekeningen en verduidelijkende figuren. Sla geen niet-triviale stappen over in een redenering.

- **Vraag 1**

Beschouw een axisymmetrische, oneindig dunne schijfgalaxie waarin een stationair trailing patroon rondwentelt met patroonsnelheid Ω_p . In een met het patroon meeroterend assenstelsel wordt de versnelling van een ster gegeven door:

$$\ddot{\mathbf{r}} = -\nabla V - 2\Omega_p \times \dot{\mathbf{r}} - \Omega_p \times (\Omega_p \times \mathbf{r})$$

Toon hiermee aan dat de Jacobi-integraal een behouden grootheid is. Bespreek ook hoe het komt dat wanneer buiten de corotatiestraal de energie verhoogt, deze voornamelijk zal gebruikt worden voor radiële oscillaties.

- **Vraag 2**

In een galaxie bewegen de sterren op quasi-circulaire banen. Voeg hier nu een epicykelbenadering op de banen toe. Wat houdt deze benadering precies in? Los ook de bewegingsvergelijkingen op voor een ster in de 3-dimensionale ruimte.

- **Vraag 3**

Leid de stralingsoverdrachtvergelijking af. Bespreek hierbij alle gebruikte symbolen.

Geef nu 3 ‘speciale’ gevallen van stralingsoverdracht en bespreek. Pas de stralingsoverdrachtvergelijking toe op het eenvoudige geval van een dominante lichtbron in een uniforme gaswolk.

Hoe kan je met behulp van radiowaarnemingen rondom een golflengte van 21 cm de dichtheid en temperatuur van het atomaire waterstof langsheen de gezichtslijn doorheen de Melkweg bepalen? Wat hebben radiosterrenkundigen hieruit geleerd? Gebruik het voorgaande! Je hoeft hiervoor niet de volledige beschrijving van H_I te geven, een kwalitatieve bespreking is hier voldoende.

- **Vraag 4**

Stel de evenwichtsvergelijking op voor het geval van 3 niveaus, n_1 , n_2 en n_3 . De niveaus liggen ongeveer even ver uit elkaar, $E_{12} = E_{23}$. Geef de vergelijking in de lage dichtheidslimiet. Hoe kan je uit een gepaste emissielijnfluxverhouding de temperatuur T van de nevel bepalen?

- **Vraag 5**

$$L_{tot} = \frac{1}{2} \frac{G M_*}{3 r_G} \dot{M}_*$$

Hierbij is L de totale luminositeit. M_* de massa van de accretieschijf. $r_G = \frac{2 G M_*}{c^2}$ de

Schwarzschildstraal. De straal aan de binnenkant van de accretieschijf is $3 r_G$. Beredeneer deze uitdrukking door enkel en alleen het viriaaltheorema te gebruiken. Waarom mag je dit theorema gebruiken? Welke fysische processen breng je zo compact in rekening?

OEFENINGEN

Opgave 1

De volgende distributiefunctie wordt voorgesteld:

$$F(E, L) = \frac{1}{L} f(E)$$

Hierbij is $E = V(r) - \frac{v^2}{2}$ en $V(r)$ de bindingspotentiaal.

1. Toon aan dat volgende relatie tussen de distributiefunctie en de dichtheid ρ geldig is

$$f(V) = \frac{1}{2\pi^2} \frac{d}{dV} (r \rho)$$

m.a.w. als je $V(r)$ kan inverteren naar $r(V)$, zodat je bovenste afgeleide kunt uitwerken, dan kan je meteen de onbekende functie f uit de sterddichtheid halen.

TIP: Gebruik volgende parameterisatie

$$\begin{cases} v_r = v \cos\eta \\ v_\theta = v \sin\eta \cos\psi \\ v_\phi = v \sin\eta \sin\psi \end{cases}$$

Zodat $E = V(r) - \frac{1}{2}v^2$ en $L = r v \sin\eta$.

2. Het Hernquistmodel, voorgesteld door Lars Hernquist, heeft volgende eigenschappen

$$V(r) = \frac{1}{1+r} \quad \text{en} \quad \rho = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{r(1+r)^3}$$

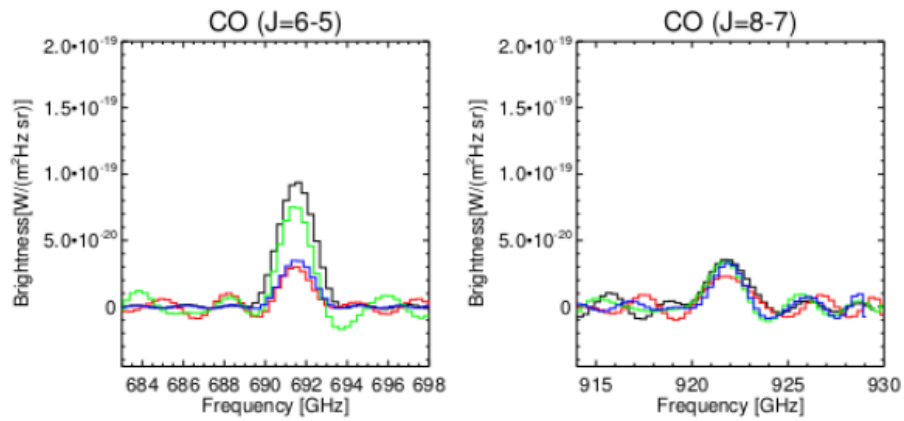
Inverteer $V(r)$ naar $r(V)$. Vul alle nodige gegevens in in de te bewijzen vergelijking voor $f(V)$. Geef een uitdrukking voor de radieel anisotrope distributiefunctie $F(E, L) = f(E) / L$ die het Hernquistmodel produceert.

Opgave 2

Het verband tussen de intensiteit van de straling en de temperatuur wordt gegeven door:

$$I_\nu = \frac{2\nu^2}{c^2} k T_{MB}$$

Hierbij is c de lichtsnelheid, $k = 8,617 \cdot 10^{-5} \text{ eV}$. Bereken met deze gegevens de temperatuur in de nevel.



$$B_0 = 0.00023836 \text{ eV}$$

$J_u - J_l$	$A_{ul} (\text{s}^{-1})$
1 - 0	7.2×10^{-8}
2 - 1	6.9×10^{-7}
3 - 2	2.5×10^{-6}
4 - 3	6.1×10^{-6}
5 - 4	1.2×10^{-5}
6 - 5	2.1×10^{-5}
7 - 6	3.4×10^{-5}