

INLEIDING ASTROFYSICA - WERKCOLLEGE VI
WOENSDAG 27 NOVEMBER, 2019

Dit werkcollege bestaat uit vier opdrachten. De inleveropdrachten (opgaven 1 en 2) moet op **27 november aan het begin van het werkcollege** worden ingeleverd bij je assistent. Tijdens het werkcollege zal er nog gelegenheid zijn om aan de overige opgaven te werken, maar het is aan te raden om al het een en ander voor te bereiden.

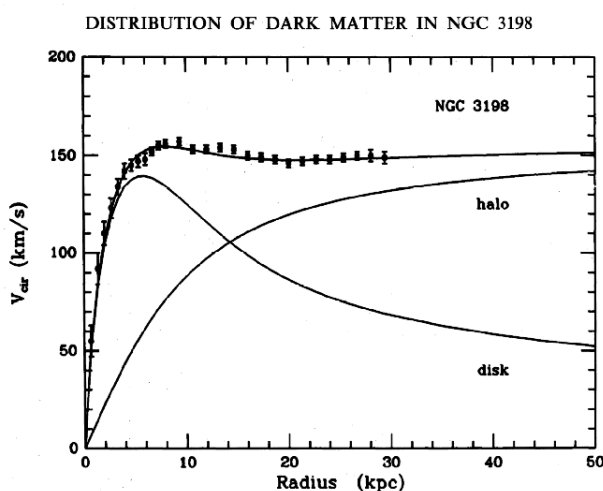
Opgave 1 (inleveropdracht): De periode-lichtkracht relatie voor Cepheïde variabele sterren wordt gegeven door

$$\log(L/L_{\odot}) \approx 1.15 \log(P/\text{dag}) + 2.47.$$

- (a) *1,5 punt* Leid de relatie af tussen de absolute visuele magnitude M_V en de periode van een Cepheïde variabele (de absolute visuele magnitude van de Zon is $+4.83$).
- (b) *2 punten* Gebruik de definitie van de afstandsmodulus om de relatie tussen afstand (in pc) en de schijnbare visuele magnitude m_V en periode af te leiden
- (c) *1,5 punt* Polaris heeft een schijnbare visuele magnitude van 2.0 en is een Cepheïde met een periode van 4 dagen. Wat is de absolute magnitude van de Poolster en wat is de afstand in parsecs?

Opgave 2 (inleveropdracht): Figuur 1 toont de rotatiesnelheid als functie van straal voor een spiraalstelsel op een afstand van 14,5 Mpc.

- (a) *(1 punt)* Met welke afstand correspondeert een boogseconde voor dit melkwegstelsel?
- (b) *(1 punt)* Wat is de roodverschuiving van dit melkwegstelsel?
- (c) *(2 punten)* Bereken de massa van dit melkwegstelsel binnen een straal van 5, 10 en 30 kpc.



FIGUUR 1. De waargenomen rotatiekromme van het melkwegstelsel NGC 3198, met de best geschatte bijdragen van de massa in de schijf en de donkere materie halo.

Meer opgaven op de volgende pagina!

Opgave 3: De zon draait met een snelheid van 220 km/s om het centrum van de melkweg. Met VLBI is te meten dat het centrum van de Melkweg (Sgr A) met een hoeksnelheid van 6 milli-boogseconde per jaar beweegt ten opzichte van ver weg gelegen sterrenstelsels.

- (a) Hoe ver staat de zon van het centrum van de Melkweg?
- (b) Hoeveel massa bevindt zich in de Melkweg binnen de baan van de Zon (in zonsmassa's)?
- (c) Hoeveel jaren doet de zon over een rondje rond de Melkweg?
- (d) In het centrum bevindt zich een superzwaar zwart gat met een massa van ongeveer 4 miljoen zonsmassa's. Hoe belangrijk is de aantrekkingskracht van het zwarte gat voor de baan van de zon om het centrum van de melkweg?

Spaghettificatie is het uiteenrekken van objecten in de lengterichting als gevolg van de enorme gradiënt in het zwaartekrachtsveld in de nabijheid van een zwart gat.

- (e) Kunnen we dit waarnemen als een astronaut in het zwarte gat in het centrum van de Melkweg valt? Neem aan dat voor het uiteen rekken van een persoon een kracht van $1.4 \times 10^5 \text{N}$ nodig is.

Opgave 4: Een Type II supernova is het resultaat van de catastrofale ineenstorting van de ijzerkern van een ster aan het eind van haar leven. In dat process worden alle overblijvende protonen in de kern omgezet in neutronen via de zwakke kernkracht reactie $p + e^- \rightarrow n + \nu_e$, waarbij de elektronen als het ware in de protonen geperst worden. Neem aan dat de massa van de kern $1.4 M_\odot$ is en dat deze volledig uit ijzer bestaat.

- (a) Bereken het totale aantal protonen en daarna het aantal neutrinos dat ontstaat wanneer deze protonen in de kern tot neutronen fuseren.
- (b) Wat is de gemiddelde dichtheid van de resulterende neutronen ster? Hoe vergelijkt deze dichtheid met die van een koolstof atoom (naam aan dat deze een straal van $r \approx 3 \times 10^{-15} \text{m}$ heeft)?

Een ster kan uit elkaar vliegen als deze zo snel roteert dat de middelpuntvliedende kracht op de evenaar groter is dan de zwaartekracht aan het oppervlak.

- (c) Bereken de minimale rotatieperiode van een witte dwerg; negeer afwijkingen van de bolvorm die ontstaan door de rotatie (hint: gebruik hiervoor dat de gemiddelde dichtheid $\rho_{\text{wd}} \approx 2 \times 10^9 \text{kg/m}^3$).
- (d) Bereken ook de minimale rotatieperiode van de neutronen ster van opgave 4b. Vergelijk het antwoord met de rotatieperiode van de snelst roterende pulsar PSR J1748-2446ad, die maar liefst 716 per seconde roteert.