

INLEIDING ASTROFYSICA - WERKCOLLEGE IV
WOENSDAG 13 NOVEMBER, 2019

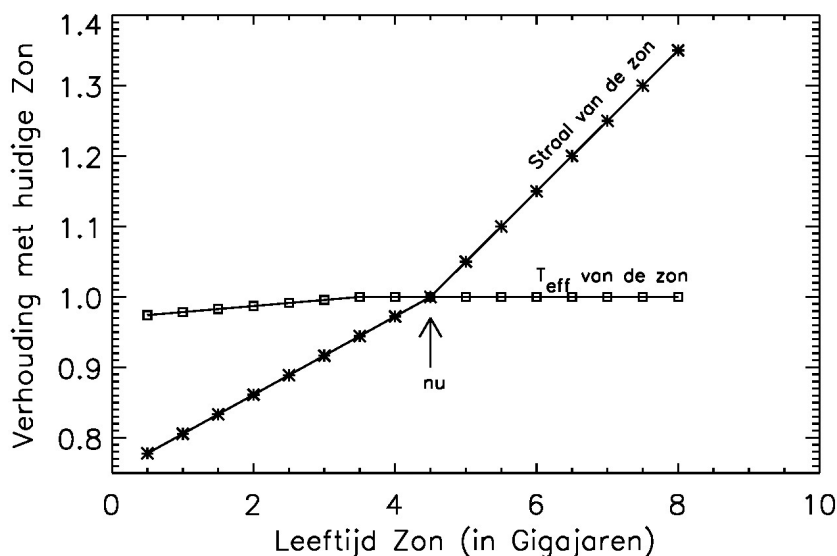
Dit werkcollege bestaat uit zes opdrachten. De inleveropdrachten (opgave 1 en 2) moet op **13 november aan het begin van het werkcollege** worden ingeleverd bij je assistent. Tijdens het werkcollege zal er nog gelegenheid zijn om aan de overige opgaven te werken, maar het is aan te raden om al het een en ander voor te bereiden.

Opgave 1 (inleveropdracht): Een ster met een massa van $2M_{\odot}$ heeft een planeet in een cirkelbaan met een periode van 3 jaar. De massa van de planeet is gelijk aan die van Jupiter ($M_{\text{Jup}} = 2 \times 10^{27} \text{ kg}$).

- (a) (1 punt) Hoe ver staat de planeet van de ster (in astronomische eenheden)?
- (b) (1 punt) Wat is de baansnelheid van de planeet?
- (c) (1 punt) Wat is de maximale radiële snelheid die we door de invloed van de planeet aan de ster kunnen meten?
- (d) (1 punt) De ster staat op een afstand van 10 parsec. Wat is de maximale hoekafstand tussen de planeet en de ster aan de hemel?
- (e) (1 punt) Hoe groot is de verandering in de positie van de ster aan de hemel door de aanwezigheid van de planeet, en hoe verhoudt deze zich ten opzichte van de parallax?

Opgave 2 (inleveropdracht): Figuur 1 laat zien hoe de straal en de temperatuur van de Zon veranderen tijdens de periode waarin de Zon in de kern waterstof fuseert tot helium, i.e. de evolutie op de hoofdreeks.

- (a) (1,5 punt) Schat met behulp van Fig. 1 de straal en effectieve temperatuur van de Zon 1 en 3 miljard jaar geleden ten opzichte van nu. Wat betekent dat voor de lichtkracht van de Zon?
- (b) (2 punt) Hoe hoog was de evenwichtstemperatuur van de Aarde 1 en 3 miljard jaar geleden?
- (c) (1,5 punt) Wanneer zal de evenwichtstemperatuur op Aarde met zo'n 30 graden gestegen zijn?



FIGUUR 1. De verandering van de straal en temperatuur van de Zon als functie van leeftijd. Op dit moment is de zon 4.5 miljard jaar oud.

Opgave 3: Tijdens het verblijf op de hoofdreeks fuseert de Zon waterstof in helium. Deze periode duurt voor de Zon duurt 10 miljard jaar.

- (a) (1,5 punt) Sirius heeft een lichtkracht van $25\times$ die van de Zon, en een massa van $2\times$ die van de Zon. Hoe lang blijft Sirius op de hoofdreeks, aannemend dat de lichtkracht constant is, en dat Sirius een zelfde fractie waterstof kan verbranden als onze Zon?
- (b) (1,5 punt) Proxima Centaurus, de meest nabije ster, heeft een lichtkracht $0.001\times$ die van de Zon, en een massa van 0.12 die van de zon. Onder dezelfde aannames als hierboven, hoe lang blijft Proxima op de hoofdreeks? Waarom kent het heelal geen rode dwergsterren als Proxima in de rode reuzenfase?

Opgave 4: Er wordt een nieuw dubbelstersysteem ontdekt met een periode van 6 maanden. In de spectra van de sterren wordt de golflengte van de H- α lijn ($\lambda_0 = 656,300$ nm) regelmatig gemeten. De waargenomen golflengte van de H- α lijn varieert tussen $\lambda_{\min} = 656,277$ nm en $\lambda_{\max} = 656,323$ nm voor ster A, terwijl deze tussen $\lambda_{\min}=656,211$ nm en $\lambda_{\max}=656,389$ nm varieert voor ster B.

- (a) Wat zijn de baansnelheden van ster A en ster B, als we aannemen dat de banen in het vlak met de Aarde liggen?
- (b) Hoe verhouden de massa's van ster A en ster B zich tot elkaar?
- (c) Wat zijn de massa's van ster A en ster B?
- (d) Met adaptieve optiek wordt een serie heel scherpe opnames van de sterren gemaakt waarop te zien is dat deze zich op sommige tijden maximaal 0.171 boogseconde van elkaar aan de hemel bevinden. Hoe ver staat de dubbelster van de Aarde?

Opgave 5: Toon aan dat in het geval van eclipserende dubbelsterren de primaire eclipse altijd plaats vindt wanneer de hetere ster wordt bedekt.

Opgave 6: Een visueel dubbelstersysteem heeft een parallax van $0''.4$, een maximale hoekafstand van $6''$ en een baanperiode van 80 jaar. Wat is de totale massa van het dubbelster systeem als je aanneemt dat de sterren op cirkelbanen bewegen?