

PLANETENSTELSELS - WERKCOLLEGE 3A EN 3B

OPDRACHT 5: RADIËLE SNELHEID

In deze opgave bekijken we fotometrische en radiële snelheids-metingen van de ster HD189734 om de eigenschappen van de exoplaneet (HD189734b) te bepalen. Bij deze opgave horen een lichtcurve en radiële snelheids-data. De radiële snelheid van de ster varieert periodiek, en door de periode en de amplitude van deze variatie te meten vind je de massa van de planeet en de halve lange as van de baan. De lichtcurve heb je bij de vorige opgave ingelezen, geplot en gebind, de RV-data is te vinden in **RV_data.dat** op de website van het college. In de rechter kolom staat de radiële snelheid van de ster in km/s, en in de linkerkolom de tijd in minuten.

Aan de hand van deze twee datasets bepaal je de straal, massa, dichtheid en een paar baanparameters. De formules die je hiervoor nodig hebt vind je in de slides van het college over exoplaneten. De moederster heeft een massa van $0.846M_{\odot}$, een straal van $0.781R_{\odot}$ en een lichtkracht van $0.512L_{\odot}$.

- (1) Plot de gebinde lichtcurve van de vorige opgave opnieuw en bepaal de straal van de exoplaneet. Hiervoor moet je de transitdiepte meten. Doe dit door het gemiddelde te nemen van de bodem van de transit. Om gebieden in een array te selecteren en gemiddeldes te nemen, zie onder.

```
import numpy as np
x=np.arange(10.0)
y=3*x**2
x_selection=x[y<10.0]
y_selection=y[y<10.0]
B=np.average(y_selection)
```

- (2) Laad de RV-data in en plot deze als scatterplot. Let op de eenheden van de assen, en leg uit wat je ziet. Waarom is de radiële snelheid gedurende de hele meting zo sterk negatief?
- (3) Leid, onder aannamen van een cirkelvormige baan ($e = 0$), uit formule van de baansnelheid en de wetten van Kepler een uitdrukking af voor de radiële snelheid als functie van M_{\star} , m_{planeet} , en P . (**T**)
- (4) Fit de data met een sinusfunctie die de radiële snelheidsvariatie van de ster beschrijft. Hiervoor moet je een functie $v = K \sin\left(\frac{2\pi(t+\phi)}{P}\right) + K_0$ over de RV-data heen plotten als lijn. Hier is t een array met tijdstappen (de x-as) welke je zelf moet maken. Stel de waarden voor de amplitude K , de periode P en

de fase ϕ zo in dat je sinusfunctie op het oog overeenkomt met de data. Welke parameters vind je? *Tip: P weet je al...*

OPDRACHT 6: PLANEETEIGENSCHAPPEN

In deze opgave gebruiken we de parameters die je bij het fitten van de RV-curve in de vorige opgave gevonden hebt, om wat fysische eigenschappen van de exoplaneet af te leiden.

- (1) Hoe groot is de halve lange as a van de baan van HD189734b? *Hint: Kepler-III*
- (2) Aangenomen dat de baan cirkelvormig is, wat is nu de waarde voor $M_p \sin(i)$ in Jupitermassa's?
- (3) Wat is ongeveer de waarde van i ? Wat betekent dit voor $M_p \sin(i)$? Wat kun je nu zeggen over de dichtheid ρ_p van de planeet? Is dit veel of weinig?
- (4) Exoplaneten die in een ruimere baan zitten, hebben een kleinere kans dat hun baan hen voor de ster langs brengt. Zo hebben hot-Jupiters een grotere kans om voor hun ster langs te gaan dan Aard-achtige planeten in de leefbare zone. Leid af wat deze kans als functie van de halve lange as a , en plot deze kans voor a tussen 0 en 4AU. Wat is de kans om rond deze ster een exoplaneet te vinden in de leefbare zone, op ongeveer 0.7AU? *Tip: De kans op een gunstige configuratie is het bereik van gunstige inclinaties gedeeld door 90° . Teken de configuratie om de geometrie in te zien. Nog een tip: Maak indien nodig gebruik van wat je hebt geleerd over logaritmisch plotten. (T)*
- (5) Leid af wat de equilibriumtemperatuur T_{eq} is van deze exoplaneet, door de hoeveelheid licht die de planeet van de ster ontvangt gelijk te stellen aan de hoeveelheid straling die de planeet (als zwarte straler) uitzendt. Plot T_{eq} van de als functie van albedo A . Hoe warm zal deze exoplaneet waarschijnlijk ongeveer zijn, als je het vergelijkt met typische waarden voor het albedo? Snap je nu de dichtheid die je eerder hebt gevonden? (T)

$$\sigma = 5.670373 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$

UITWERKING

Van werkcolleges 3a en 3b samen dient één enkel verslag ingeleverd te worden.

Let bij het maken van je uitwerking erop dat antwoorden met de juiste (en astronomisch zinnige!) eenheden gegeven worden en met een beredenering toegelicht worden. Ze hebben een zinnig aantal significante cijfers hebben (de afstand tussen Jupiter en de Zon is dus geen 778547200000m, maar 5.20AU). Laat ook zien hoe je berekeningen hebt gedaan. Doe je dit niet, dan zal de vraag niet goed gerekend worden! **Antwoorden horen in het verslag te staan, niet alleen de python code waarmee de antwoorden berekend zijn.**

De uitwerkingen moeten individueel digitaal ingeleverd worden. Het maakt niet uit welke tekstverwerker je gebruikt. Lever je verslag bij voorkeur in als pdf file; als dat niet kan, is een Word document of een OpenOffice document ook toegestaan. Zet je naam en studentnummer erop en voeg een kopie van je code toe. **Deadline voor het inleveren is 31 maart 2014 9:00 (begin hoorcollege)**. Uitwerkingen kun je sturen naar herbonnet@strw.leidenuniv.nl of hoeijmakers@strw.leidenuniv.nl; kies de assistent bij wie je in de zaal zit. Zodra het is nagekeken, ontvang je een email met commentaar en/of correcties op jouw ingeleverde werk.

NUTTIGE WEBADRESSEN

Op de website van het college vind je nuttige links met informatie over het gebruik van python, matplotlib, en numpy.

<http://www.strw.leidenuniv.nl/~michiel/planetenstelsels.html>