

TENTAMEN PLANETENSTELSELS

30 MEI 2016, 14.00- 17.00 UUR

LEES ONDERSTAANDE GOED DOOR:

- ▶ DIT TENTAMEN OMVAT DRIE OPGAVES.
- ▶ OPGAVE 1: 3.5 PUNTEN
OPGAVE 2: 2.5PUNTEN
OPGAVE 3: 2.0PUNTEN
- ▶ HET EINDCIJFER IS DE SOM VAN DE SCORE VOOR DE DRIE TENTAMENOPGAVES EN HET PRAKTIKUM/WERKCOLLEGE.
- ▶ **BELANGRIJK:**
DE OPGAVES WORDEN SEPARAAT NAGEKEKEN. MAAK DAAROM IEDERE OPGAVE OP EEN SEPARAAT BLAD.
- ▶ SCHRIJF OP IEDER BLAD JE NAAM EN JE STUDENTNUMMER
- ▶ SCHRIJF DUIDELIJK EN WERK OVERZICHTELIJK
- ▶ KLAD WORDT NIET NAGEKEKEN
- ▶ HET GEBRUIK VAN EEN REGULIERE REKENMACHINE IS TOEGESTAAN
- ▶ EEN OVERZICHT VAN CONSTANTEN EN ENIGE VEEL GEBRUIKTE GETALLEN (O.A. ZONNE PARAMETERS) IS BIJGEVOEGD.
- ▶ LAAT BIJ HET INLEVEREN VAN HET TENTAMEN JE COLLEGE KAART ZIEN.
- ▶ **BIJ CONSTATERING VAN FRAUDE WORDT VERDERE PARTICIPATIE AAN HET TENTAMEN UITGESLOTEN**
- ▶ HEEL VEEL SUCCES

OPGAVE 1

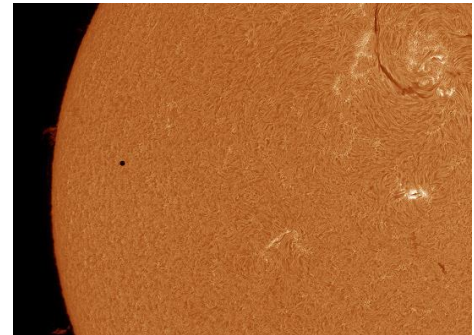
Het doel van deze opgave is om een gedetailleerde transit curve te tekenen, gezien vanaf de Aarde, voor een 'Hot Jupiter' die om een ster draait die identiek is aan onze zon. De ster staat op een afstand van 7 parsec. De exoplaneet bevindt zich op een afstand van $a_{\text{exo}} = 0.0493$ AU van zijn ster en heeft een straal $R_{\text{exo}} = 70000$ km.

a) Teken de primaire transit curve, met op de verticale as de schijnbare magnitude en op de horizontale as de tijd (in minuten). Doe dit zo precies en kwantitatief mogelijk. Let dus ook op de vorm van de curve. Neem aan, dat vanaf de Aarde gezien de exoplaneet precies voorlangs aan de ster beweegt.

b) Neem nu aan, dat de planeet een albedo van 0.55 heeft. Wanneer je de thermische emissie mag verwaarlozen, welk magnitudeverschil moet je dan kunnen overbruggen om de exoplaneet via direct imaging te kunnen zien? Is dat realistisch?

OPGAVE 2

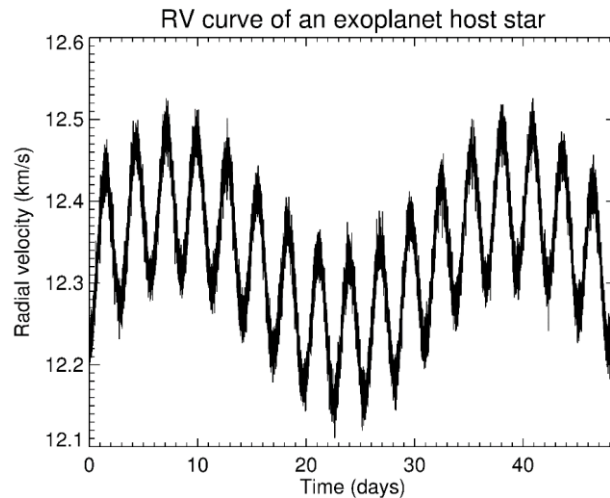
Op 9 Mei jl. vond een Mercurius transit plaats. Mercurius staat op een afstand van 0.39 AU van de zon. Per eeuw zijn ongeveer 13 Mercurius transits zichtbaar vanaf de Aarde.



- Wat is het maximale aantal Mercurius transits gedurende 100 jaar?
- Een transit kan alleen plaatsvinden tijdens een beneden conjunctie. In het echt resulteert niet iedere beneden conjunctie in een transit? Per eeuw vinden zo'n 13 tot 14 Mercurius transits plaats. Wat is daarvan de reden?
- De massa van Mars bedraagt $6.4 \cdot 10^{23}$ kg, de straal is 3390 km. Bereken de valversnelling op het oppervlak van deze planeet.
- Mars is in menig opzicht vergelijkbaar met de Aarde. Toch is de atmosfeer van Mars heel erg ijl. Hoe komt dat?
- De *habitable zone* is het gebied rond een ster waar water op een planeet in vloeibare vorm voor kan komen. Bereken voor ons zonnestelsel de binnen ($T_{\text{max}} \sim 60$ °C) - en buitengrens ($T_{\text{min}} \sim 0$ °C) van de habitable zone, onder de aanname dat andere effecten (zoals een broeikasteffect) geen rol spelen.

OPGAVE 3

- a) In 2018 wordt de James Webb Space Telescope gelanceerd naar het Lagrange punt L2, op een afstand van ongeveer 1.5 miljoen km. Leg uit i) waarom in dit Lagrange punt de netto zwaartekracht vrijwel nul is, en ii) waarom de andere vier Lagrange punten minder of niet geschikt zijn. Maak hiervoor een schets met de locatie van de punten.



In de figuur is een *radial velocity curve* weergegeven voor een ster.

- b) Leg uit i) hoe een radial velocity curve opgesteld wordt, en ii) of je uit deze curve kunt afleiden of er meer dan een exoplaneet rond deze ster beweegt.
- c) De Jupiter maan Europa bevindt zich ver buiten de habitable zone (zie opgave 2^e). Toch wordt aangenomen dat vloeibaar water op deze maan voorkomt. Hoe kan dat ?
- d) In 2015 is m.b.v. het ruimtevaartuig Rosetta en de lander Philae de komeet P67/Churyumov-Gerasimenko bezocht. Zowel verdampt materiaal als het oppervlak zelf zijn daarbij chemisch geanalyseerd. Leg uit, waarom dit ons iets leert over de ontstaansgeschiedenis van ons zonnestelsel.

Constanten

zwaartekrachtsconstante	$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
lichtsnelheid in vacuüm	$c = 3.00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
constante van Stefan-Boltzmann	$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
constante van Planck	$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
constante van Boltzmann	$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
atomaire massa-eenheid	$m_0 = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
massa van het proton	$m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
straal van het proton	$R_p = 2.3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
massa van het elektron	$m_e = 9.31 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
lading van het elektron	$e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$
dielektrische constante	$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ kg}^{-1} \text{ s}^2 \text{ Coulomb}^2$
gaskonstante	$R = 8.314 \cdot 10^3 \text{ J K}^{-1} \text{ kmol}^{-1}$
getal van Avogadro	$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

(1 mol = $6.022 \cdot 10^{23}$ moleculen)

Enige andere veel gebruikte getallen

parsec	$\text{pc} = 3.0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$
astronomische eenheid	$\text{AE} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ m}$
lichtkracht van de zon	$L_{\odot} = 3.83 \cdot 10^{26} \text{ W}$
massa van de zon	$M_{\odot} = 1.99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
straal van de zon	$R_{\odot} = 6.96 \cdot 10^8 \text{ m}$
abs. bolometrische magn. v.d. zon	$M_{\text{bol}} = 4.83$
zonneconstante	$= 1.36 \cdot 10^3 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
schijnbare magnitude v.d. zon	$m_{\text{zon}} = -26.74$