

Motivation og formål

Vi har altid været interesseret i at finde ud af, om der findes andre planeter som ligner vores egen, og om der er liv på disse fremmede planeter. I 1988 opdagede vi ved brug af radialhastighedsmetoden den første ekstrasolare planet, og siden da, har vi udviklet adskillige nye metoder, hvoraf den mest benyttede metode er transitmetoden. Vi har med transitmetoden opdaget over 77% af de i dag over 3500 kendte exoplaneter.

Når man bruger transitmetoden benytter man planetens transit ind foran dens stjerne, hvorved man ville kunne måle en formørkelse i stjernens tilsyneladende lysintensitet. Man kan ud fra dette fald i lysintensitet bestemme exoplanetens radius. Styrken ved denne metode er også dens svaghed, da den kræver at exoplaneten har en orbital transit omkring stjernen med en banehældning som i forhold til vores synsretning skal være ca. 90° .

Radialhastighedsmetoden

Med denne metode kan man bestemme en exoplanets masse, ved hjælp af målinger af dens stjernes radialhastighed. Dette kan gøres, da stjernen påvirkes af planetens gravitationskraft, hvilket betyder, at stjernen og dens omkredsende planet begge kredser om deres fælles massemidtpunkt.

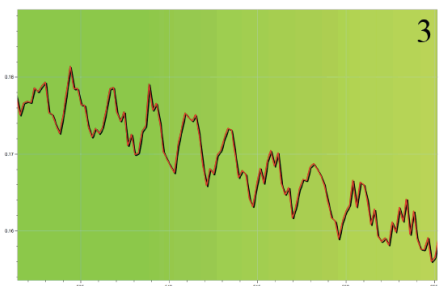
Stjernens radialhastighed om dette punkt kan man bestemme ved at undersøge stjernens absorptionslinjes Doppler-skift som udspiller sig/vises som /andet? rødforskydning af stjernens absorptionspektrum. Massen af planeten kan dermed/derved? udledes af Newtons version af Keplers 3. Lov, ved brug af vægtstangsprincippet. Denne formel er givet ved:

$$m_{pl} = v_s \cdot \left(\frac{T \cdot M^2}{G \cdot 2\pi} \right)^{\frac{1}{3}}$$
 Hvor m_{pl} er planetens masse, v_s er stjernens radialhastighed, T er planetens omløbstid om stjernen og M er stjernens masse.

Stjernens radialhastighed skal derfor kunne bestemmes med stor præcision, og da stjernens masse er merkant højere end planetens masse, er dennes radialhastighed ikke særligt høj. For at det skal være muligt at kunne finde jordlignende exoplaneter, er det derfor vigtigt at undgå fejkilder som, PSF-fejl, og andre instrumentelle fejl samt ændringer i ydre faktorer, som fx temperatur eller spalteinstillinger. Faktorer som ikke blot forskyder hele absorptionsspektret, men også kan påvirke forskellige bølgelængder forskelligt, hvilket skyldes, at fejkildernes indvirkning er forskellige ved enhver målte bølgelængde.

Løsningen til dette problem er at sende stjernens lys igennem en diiod gascelle lige før lyset rammer spektrofotometeret. Dermed overlejrer man diiodgassens absorption spektrum på stjernens absorptionspektrum. Dette er smart fordi der kun er en naturligt forekommende isotop af iod, denne isotop har et meget præcist bestemt absorptionsspektrum og fordi at diiodgassen inden for intervallet 500nm til 630nm har nogle meget karakteristisk ækvidistante absorptionslinjer, som det ses på billedet til højre. Udformningen af disse absorptionslinjer skyldes at diiodmolekylets vibrationsniveauer er ækvidistante.

Man kan derfor gå ind og genfinde disse karakteristiske linjer i diiodgassens spektrum i det blandede absorptionsspektrum, og ud fra dette beregne, hvordan denne instrumentelle skiftende usikkerhed har påvirket målingen, denne elimineres herefter ved brug af CCF, Cross Correlation Function.



Billede 3: Zoom af spektrum for $I_2(g)$ fra 530nm-555nm

Forsøg

Jeg har for kvalitativt at vise, hvordan man undgår disse fejlkilder, opstillet et forsøg, hvorved det eftervises, at det ud fra et blandet absorptionspektrum er muligt at genfinde diiods absorptionsspektrum, og ud fra dette bestemme en stjernes radialhastighed.

Jeg har ved at blande diiodgassen med den brunlige gas nitrogendioxid, lavet et blandingsspektrum hvori nitrogendioxiden skal repræsentere stjernens lys. Som det ses på 1. billede til højre, kan man i blandingsspektret (rød graf) genfinde dele af diiods absorptionsspektrum (lilla graf). Dette ses tydeligst på de 3 markerede absorptionslinjer fra højre. Zoomer man ind på de to tætliggende absorptionslinjer fra højre ser man tydeligt, at der har været en rødforskydning af diiodgassens absorptionslinje i mod højre. Ud fra denne rødforskydning, kan man med formel $v_2 = z \cdot c$, hvor z er rødforskydningen og c er lysets hastighed, finde stjernes radialhastighed, og dermed den omkredsende exoplanets masse.

Samspil mellem metoder

Rigtigt interessant bliver det først når man ser på sammenspillet mellem flere forskellige metoder. Man kan ud fra målinger af en planets masse og radius, finde dens middeldensitet, og dermed komme med et kvalificeret bud på, hvad planeter primært består af, som jeg fx har beregnet for exoplaneten OGLE-TR-211b, som har en middeldensitet på $5,5 \frac{g}{cm^3}$ og derfor med alt sandsynlighed er en gasplanet. Man kan altså med en meget præcis måling af stjernes radialhastighed og stjernes tilsyneladende lysintensitet under exoplanetens transit, bestemme om exoplaneter er jordlignende ud fra deres størrelse, vægt og massefylde.

Fremtiden inden for udforskning af exoplaneter

Næste skridt er ikke blot at kigge på en exoplanets transit foran dens stjerne, men også dens sekundære transit bag om stjernen. Når man kigger på en stjerne, med en omkredsende exoplanets, tilsyneladende lysstyrke dykker denne ikke blot en gang men hele to. Dette gør den fordi exoplaneten også selv reflektere lys, og derved også sender lys ned mod jorden, med sit eget absorptionsspektrum. Dette betyder at man ved at overvåge planetens okkultation, kan sammenligne forskellen mellem stjernen og exoplanetens samlede absorptionsspektrum, og det absorptionsspektrum man observerer når exoplaneten er i skjul bag stjernen, og derved ikke påvirker stjernes absorptionsspektrum. Man kan derved genskabe absorptionsspektret for det lys som exoplaneten reflektere og derved aflede atmosfærens sammensætning.

Man kender i dag indholdet af 55 forskellige exoplaneter, hvoraf 50 af disse målinger er lavet ud fra den sekundære transit. Dette er derfor et forskningsemne som er super nyt, men samtidig super interessant, da hvis man finder frit ilt i en atmosfære, ville kunne konkludere liv på planeten. Jeg har derfor i samarbejde med Århus Universitet kigget på exoplaneters atmosfære, hvilken problematikker vi har med at bestemme deres bestanddelene, og fremtiden inden for dette emne.

