

Planeter og par-piruetter

Af René Tronsgaard

Marts 2023

I mit ph.d.-projekt på DTU har jeg studeret planeter omkring andre stjerner, såkaldte exoplaneter, med henblik på at måle deres masse. At kortlægge hvilke planeter, der findes omkring de nærmeste stjerner i Mælkevejen, er et vigtigt skridt for senere at kunne undersøge planeternes atmosfærer og lede efter tegn på liv med fremtidens teleskoper.

I en tid, hvor vores verden forandrer sig utrolig hurtigt, giver det en form for tryghed, når man på en klar nat kan vende blikket opad og konstatere, at stjernehimlen stadig ser ud, som den gjorde i går. *Dér* var Karlsvognen. Cassiopeia. Orion. Jupiter. Månen. Milliarder af andre mennesker kan stå og betragte den samme udsigt som mig, hvis de altså er så heldige, at der er skyfrit.

Dét, der til gengæld ændrer sig, er vores videnskabelige forståelse af det univers, der omgiver os. Allerede i 1500-tallet gjorde man sig tanker om, hvorvidt der kunne findes planeter omkring andre stjerner, såkaldte *exoplaneter*, men man havde ikke en jordisk chance for at observere dem. Takket være teknologiske nyskabelser i 1980'erne var man i 1995 i stand til at detektere den første exoplanet i kredsløb om en sol-lignende stjerne, og i løbet af det seneste årti er antallet af kendte planeter eksploderet til mere end 5000.

De særlige teknikker, som bliver brugt til at observere exoplaneter, har en række indbyggede begrænsninger, som betyder, at vi indtil videre kun er i stand til at se en lille brøkdel af den underliggende population. Det har ført til en erkendelse af, at vores enorme Mælkevejsgalakse med omkring 100

milliarder stjerner formentlig gemmer på et endnu større antal planeter.

Selv om nogle af disse fjerne kloder til forveksling minder om planeterne, der kredser om vores egen sol, bliver der også gjort mere eksotiske opdagelser: Såkaldte "Hot Jupiters", "Super-Earths" og "Sub-Neptunes" findes ikke i vores eget solsystem og udfordrer vores grundlæggende forståelse af, hvordan stjerner og planeter opstår.

Langt størstedelen af de exoplaneter, vi kender, er fundet indirekte ved nøje at observere de stjerner, planeterne kredser omkring. I stedet for at forsøge at opfange det svage skær fra selve planeten, forsøger man at måle, hvordan planeten på forskellige måder påvirker lyset fra stjernen.

Elefanter på glatis

Hvis man har en lille kunstscojteløber gemt i maven, har man måske forsøgt sig med det, der hedder en *par-piruet*. Kort fortalt går det ud på, at to scojteløbere holder fast i hinanden mens de sammen snurrer meget hurtigt rundt på isen. Den akse, de roterer omkring, er deres fælles massemidtpunkt. Hvis scojteløberne vejer lige meget, så ligger massemidtpunktet lige midt imellem dem, og hvis den ene er tungere end den anden, så forskydes massemidtpunktet, så den tunge scojteløber bevæger sig langsommere i en mindre cirkel, mens partneren bliver slynget hurtigere rundt i en større cirkel.

Grunden til at jeg nævner det er, at det faktisk giver en god intuition om hvordan, det foregår, når planeter kredser omkring en stjerne. Solen sidder nemlig heller ikke fast, men bliver trukket rundt af især Jupiters tyngdekraft, omkring et fælles massemidtpunkt, i noget der minder om en par-piruet. Masseforholdet mellem Jupiter og Solen svarer til en gravhund der danser med en fuldvoxsen afrikansk hanelefant. I samme

analogi svarer Jorden blot til en spidsmus. Elefantens bevægelse er forsvindende lille, men principielt set stadig målbar, med det rette udstyr.

Hvis man målte solens bevægelse omkring solsystemets fælles massemidtpunkt med stor nok præcision over nogle årtier, så ville man kunne regne ud, hvor mange planeter der er i vores solsystem, hvor de er, og hvor tunge de er. Og hér bliver det interessant, for det kan man også gøre for andre stjerner. Stjernernes hastighed er nemlig noget, man kan måle med ret stor præcision ved hjælp af det fænomen, der kaldes *Doppler-effekten*. De fleste har nok hørt en ambulance køre forbi, og det er netop Doppler-effekten, der sørger for at sirenen lyder forskellig alt efter om ambulancen kommer kørende imod os eller er på vej væk fra os. Det samme gælder lyset fra stjernerne, og det kan man observere med et teleskop og et instrument der kaldes en spektrograf.

Det var ved hjælp af denne teknik, at man for 28 år siden for første gang fandt en exoplanet omkring en sol-lignende stjerne. Stjernen hedder 51 Pegasi, og man kunne måle, at den drøede rundt i en cirkelbevægelse med cirka 200 km/t med en omløbstid på cirka fire dage, og af det kunne man så regne ud, at der måtte være en planet på størrelse med Jupiter, der kredede tættere på sin stjerne end nogen planet i vores eget solsystem. Denne opdagelse blev belønnet med en Nobelpris i 2019. I mellemtiden er Doppler-metoden blevet løbende forbedret, så man i dag også kan detektere små planeter i større og længere kredsløb.

Usandsynligt skyggeteater

De fleste planeter, som man kender i dag, er opdaget med en anden metode, *transit-metoden*, hvor man løbende måler på en stjernes lysstyrke i håb om at opdage nogle bitte-små, gentagne dyp i lysstyrken, som opstår, hvis en planet bevæger sig ind foran stjernen i sit kredsløb og skygger for en smule af lyset, også kendt som en transit. Dybden af

transitten kan bruges til at estimere hvor stor planeten er. Sandsynligheden for at geometrien passer er ikke særligt stor for det enkelte planetsystem, men ved at observere rigtigt mange stjerner på én gang, ved hjælp af rumteleskoper som *Kepler* og *TESS*, har man alligevel fundet tusindvis af planeter med denne metode.

Min PhD handlede blandt andet om at måle massen af en række planeter, som allerede var opdaget med transitmetoden. Fra transitmetoden kender man planetens radius, og hvis man så med Doppler-metoden kan måle planetens masse, så har man bestemt massefylden. Massefylden afslører, om det fx er en lille gasplanet eller en stor klippeplanet eller noget midt imellem.

Det lyder alt sammen let nok, og fysikken i de grundlæggende principper er heller ikke så kompliceret, men når vi leder efter små planeter i lange kredsløb omkring sol-lignende stjerner - altså planeter som Jorden - bliver hastighederne så små, at vi bevæger os på kanten af hvad der er teknologisk muligt at måle. Samtidigt foregår der ting på overfladen af selve stjernerne, som skaber støj i vores målinger og nogle gange gør det umuligt at måle planetens masse. Hvis vi igen forestiller os musen og elefanten, der laver en par-piruet, så er det i forvejen svært at se, om elefanten overhovedet flytter sig, og hvis dens ører så ovenikøbet blafrer rundt bliver det måske helt umuligt at afgøre.

I min PhD-afhandling præsenterer jeg en forbedring af den måde, man i Doppler-metoden korrigerer for jordens egen banebevægelse og rotation. Jeg eliminerer en lille, men potentielt vigtig fejlkilde, som kan opstå når man benytter lange eksponeringstider. Derudover bekræfter jeg fundet af en nyopdaget planet, en "sub-Neptune" med det mundrette navn EPIC 229004835, hvor jeg har stået i spidsen for arbejdet med at måle dens masse, radius, og massefylde med høj nøjagtighed.

Kosmiske humlebier

I en verden, hvor langt mere jordnære problemer tårner sig op, er det oplagt at spørge, om det overhovedet giver mening for et samfund at bruge tid og ressourcer på at udforske fjerne planeter. For hvad kan det egentlig bruges til? Det er et angstprovokerende spørgsmål for mange grundforskere, for langt de fleste af os gør det jo af ren nysgerrighed og bekymrer os ikke så meget om praktiske anvendelser.

Fra tid til anden fremføres idéen om, at vi jo gør det for at finde en "backup-planet", i tilfælde af, at vi mennesker ender med at høre uigenkaldelig skade på vores egen klode. Det er selvfølgelig noget farligt sludder, for selv hvis vi fandt sådan en planet, ville rejsen derud tage hundredvis eller tusindvis af år og kræve så store ressourcer at kun ganske få mennesker ville kunne tage afsted. Blandt astronomer taler man om hvordan sådan en falsk forestilling om en "Plan(et) B" faktisk kan gøre mere skade end gavn, og hvordan vi hellere burde bruge vores perspektiv til at argumentere for at passe bedre på den planet, vi har.

Man kan også tale om spin-off effekter, og hvordan grundforskning måske kan føre til

uventede teknologiske gennembrud i fremtiden, ligesom lyslederen og velkro-låsen. Men sandheden er, at lige nu kan det, vi laver, faktisk ikke bruges til andet end at blive klogere. At stille vores nysgerrighed, som mennesker. Det burde ikke være så svært at sige.

Vi ved, at livet opstod forholdsvis tidligt i Jordens historie, og et af de mange, påtrængende spørgsmål er derfor, om livet generelt er noget, som kommer helt af sig selv, så snart de nogenlunde rette kemiske og fysiske betingelser er til stede på en planet? Eller er livet på Jorden opstået mod alle odds, som en kosmisk humlebi, der slet ikke burde have været i stand til at lette, men gjorde det alligevel? Og hvordan opstår såkaldt intelligent liv, som os selv? Det første skridt for at besvare den slags spørgsmål er at kortlægge planetsystemerne omkring vores nabostjerner, så vi ved, hvor vi skal lede, når nye værktøjer bliver klar.

Jeg vil vove den påstand, at grundforskning har en værdi i sig selv. For ligesom en par-piruetter, et puslespil, en fodboldkamp, en jazzkoncert eller et flot maleri, som jo dybest set heller ikke kan bruges til noget, er det måske netop denne appetit på det unyttige, der gør os til mennesker og giver livet en form for mening.