De veranderlijke sterrenhemel

Door Sebastiaan Krijt, sterrenkundige aan de Universiteit van Exeter

Achtergrond: *De sterrenhemel die wij vanaf de Aarde zien, verandert van uur tot uur, nacht tot nacht, en jaar tot jaar. We onderzoeken de sterrenhemel in drie delen. In deel 1 gaan we op bezoek bij Christiaan Huygens in 1655 en onderzoeken we hoe en waarom de verschijning van Saturnus en zijn ringen en manen veranderen als functie de tijd. In deel 2 en 3 richten we ons op de huidige en de toekomstige sterrenhemels.*

Wat heb je nodig? StellariumWeb (https://stellarium-web.org) is een digitaal planetarium. De webversie[1] kan je snel gebruiken om te bekijken hoe de sterrenhemel eruitziet op verschillende momenten en vanaf verschillende plaatsen. Naast sterren, planeten en kometen in ons zonnestelsel kan StellariumWeb ook de posities van verre melkwegstelsels, satellieten, en exoplaneten tonen. Dankzij software als StellariumWeb kun je alle opdrachten in dit werkboek overdag doen vanuit je luie stoel (enkele antwoorden & hints zijn te vinden op pagina 6), maar ik moedig je vooral aan ook 's avonds en 's nachts op pad te gaan om de sterrenhemel met je eigen ogen te bekijken.

Deel 1: Op bezoek bij Christiaan Huygens op 25 Maart 1655

Het midden van de 17e eeuw was een roerige tijd voor wetenschappers. Rond het begin van de eeuw had de uitvinding van de telescoop de sterrenkunde in een stroomversnelling gebracht, en in Italië had Galileo Galilei, gewapend met zijn eigen telescoop, laten zien dat onze Maan bergen en valleien heeft, dat Venus verschillende fases[2] laat zien, en dat Jupiter – de koning van de planeten – omringd wordt door vier grote manen (nu bekend als Io, Europa, Ganymede, en Callisto). Saturnus, vernoemd naar de vader van Jupiter, was de verste bekende planeet (Uranus en Neptunus werden pas veel later ontdekt, in respectievelijk 1781 en 1846, en de eerste exoplaneten pas na 1990), en tot overmaat van ramp had Galileo ontdekt dat Saturnus `oren' had.

Nederland had ook een fantastische sterrenkundige: Christiaan Huygens. Christiaan en zijn broer Constantijn junior (niet te verwarren met hun vader, de bekende dichter, geleerde en diplomaat Constantijn Huygens) ontwierpen en maakten hun eigen telescopen en lenzen, die tot de beste van Europa behoorden.[3]

Laat op een middag in de vroege lente van 1655, waarschijnlijk in de tuin van het Huygenshuis[4] aan het Plein in Den Haag, was Christiaan druk in de weer met de voorbereiding voor een avond sterrenkijken. De buis van de telescoop die hij zou gebruiken – gemaakt door hem en Constantijn junior – was bijna 4 meter lang, en de lens en objectief zorgden samen voor een vergroting van ongeveer 50 keer.

1) Open StellariumWeb en zet de locatie op The Hague (Den Haag) en het tijdstip op 25 maart 1655 om 16:00 uur. Zet de tijd op pauze zodat hij op 16:00 blijft staan. Gebruik de zoekfunctie om Saturn(us) te vinden, deze staat iets boven de horizon richting het Oosten (zie Figuur 1). Zet nu de sterrenbeelden aan met de knoppen onderaan het scherm (`Constellations' en/of `Constellations Art'). In de buurt van welk sterrenbeeld was Saturnus te vinden op deze dag?

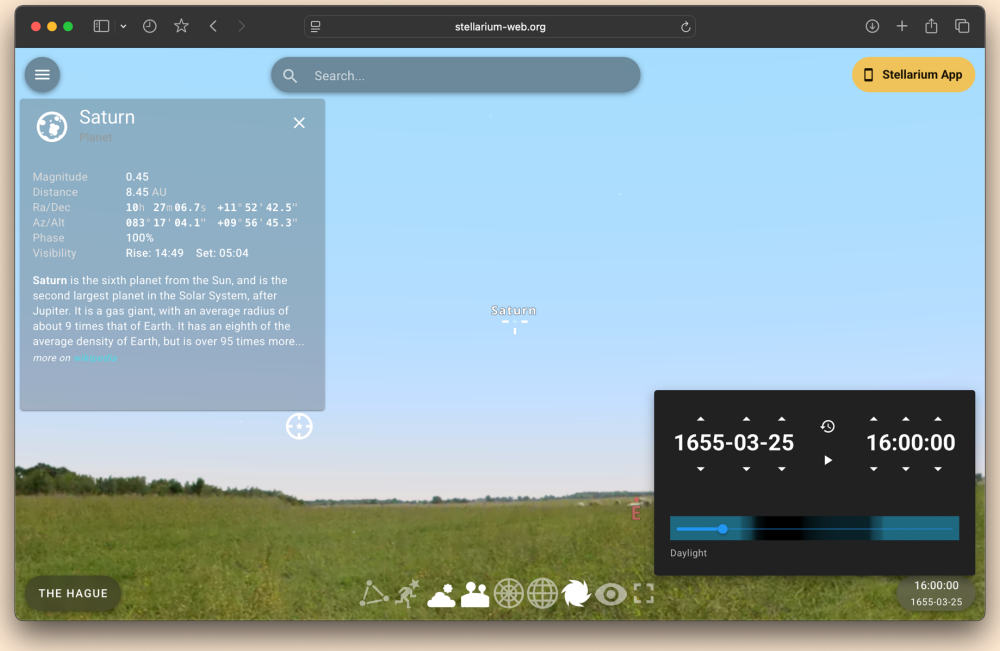
---

[1] Naast de webversie is er een ook een completere variant met een enorm aantal functies; zie https://stellarium.org en de documentatie voor meer informatie als je hierin geïnteresseerd bent.

[2] Net als onze Maan is Venus soms heel, soms half, en soms een sikkel. Hierdoor verandert ook de helderheid van de planet aanzienlijk gedurende een jaar. Met een degelijke verrekijker zou je deze fases moeten kunnen zien.

[3] Een uitgebreid verslag van het leven van Christiaan, met veel aandacht voor zijn veelzijdige wetenschappelijke carrière, is te vinden bijvoorbeeld in het boek *Dutch Light* van Hugh Aldersey-Williams (Picador, 2020); ook verschenen in het Nederlands als *Een eeuw van licht* (Thomas Rap, 2020).

[4] Dit prachtige huis, ontworpen door Jacob van Campen en Pieter Post, was de woning van vader Constantijn Huygens. Het is helaas gesloopt in 1876 om plaats te maken voor het Departement van Justitie aan het Plein 2a.



Figuur 1: *Saturnus boven de horizon richting het Oosten aan het einde van de middag op 25 Maart 1655. In Stellarium*^{Web} *kun je spelen met de locatie (linksonder) en datum en tijd (rechtsonder; hier kun je ook de tijd pauzeren), en er is een zoekfunctie om bekende sterren, planeten en andere objecten te vinden (midden bovenaan). Met de knoppen onderaan kun je verschillende coördinatenstelsels, sterrenbeelden en de horizon zichtbaar of onzichtbaar maken.*

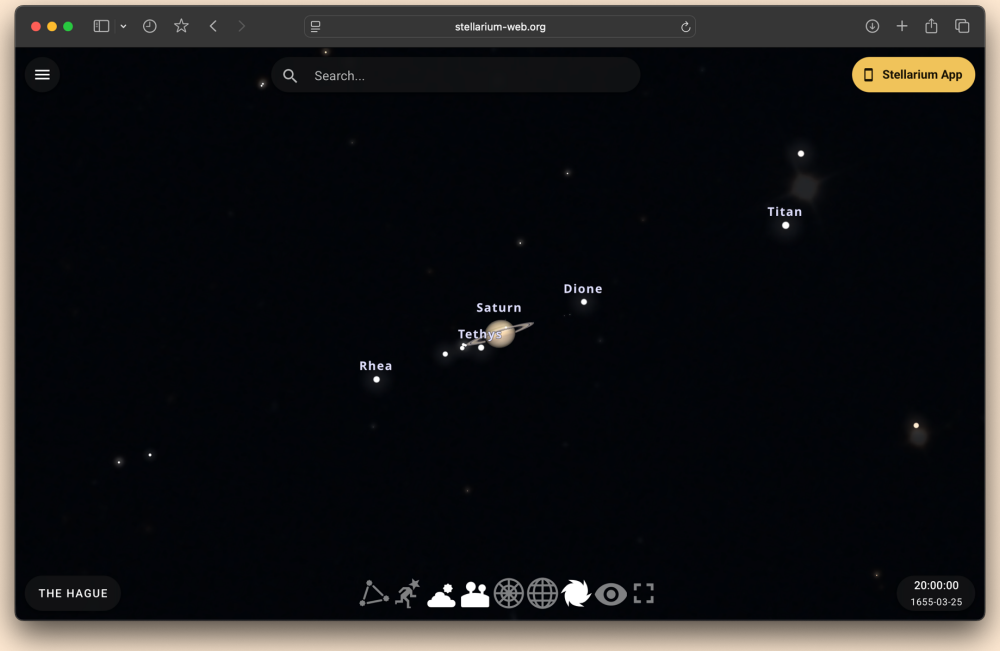
2) Op 25 maart 1655 om 16:00 was Saturnus dus al boven de horizon maar nog moeilijk te zien omdat het nog dag was. Misschien gebruikte Christiaan deze uren om naar een paar andere planeten te turen. Gebruik je muis om je als het ware om te draaien richting het Westen. Als het goed is zie je daar de Zon, nog bijna 20° boven de horizon (klik op `azimuthal grid' om een coördinatensysteem te tonen of weg te halen). In de buurt van de Zon vind je Mercurius en Venus. Venus heeft hier een magnitude van -3.80 en was net met het blote oog te zien.[5] De banen van Mercurius en Venus zijn kleiner dan die van de Aarde (we noemen ze daarom `binnenplaneten'), en ze zijn daardoor altijd in de buurt van de Zon te vinden (ofwel rond zonsopgang of rond zonsondergang). Naast deze twee binnenplaneten was er op deze dag – dichter bij de Zon – nog een 3e planeet te zien. Welke planeet is dit? Is dit ook een binnenplaneet? En verwacht je dat deze planeet ook altijd dicht bij de Zon te zien is vanaf de Aarde? Waarom wel of niet?

3) Tijd voor het echte werk. Focus weer op Saturnus en houd de pijl boven de *minuut* aanduiding ingedrukt om vooruit te spoelen naar 20:00. Je ziet dat het langzaam donkerder wordt, en dat Saturnus (en de vele sterren die één voor één zichtbaar worden) als het ware omhoog en richting het Zuiden draaien. Wat veroorzaakt deze bewegingen?

4) Zoom nu in op Saturnus totdat de FOV (`Field of View') ongeveer 0.10° bedraagt.[6] Als het goed is zie je Saturnus midden in je scherm, zijn ringen duidelijk zichtbaar, en een handvol van Saturnus' manen: o.a. Rhea, Tethys, Dione, en Titan (zie Figuur 2). In 1655 waren geen van deze manen bekend maar op deze 25 maart ontdekte Christiaan Huygens in Den Haag *als eerste* de maan Titan (de andere manen waren niet helder genoeg om te zien door zijn telescoop). Met de kennis van nu weten we dat Titan een fantastische wereld op zich is: het is de grootste maan van

[5] Sterrenkundigen gebruiken de magnitudeschaal om de helderheid van sterren en planeten aan te geven. Hoe helderder een object, hoe lager de magnitude. Sterren met magnitude <6 zijn 's nachts met het blote oog te zien (op een donkere avond/nacht); om een object overdag te kunnen zien (ondanks de heldere lucht) moet de magnitude lager zijn dan -3.
[6] Ter vergelijking, de volle Maan is ongeveer 0.5° breed; dus 5x zo groot. Richt voor de lol op de Maan (door *Moon* in de Search bar te typen) om een indruk te krijgen van hoever we daadwerkelijk zijn ingezoomd.

Saturnus, de 2e grootste maan in ons Zonnestelsel, en de *enige* maan met een dikke atmosfeer. Titans atmosfeer bestaat voornamelijk uit stikstof en methaan, en op het oppervlakte meanderen rivieren en meren vol met methaan, ethaan en andere koolwaterstoffen.[7] Voor Huygens was Titan in 1655 vooral een stip – en hij noemde die stip oorspronkelijk *étoile b* en later *Luna Saturni*.[8] Voor Huygens was het nog niet mogelijk om te weten hoe deze nieuwe wereld er van dichtbij uitzag (wat hem er overigens niet van weerhield erover te speculeren en fantaseren[9]) maar het viel hem wel op, door nacht na nacht te kijken, dat de maan bewoog en versprong. We kunnen dit als volgt nabootsen: houd de tijd op 20:00 en gebruik de pijl boven de *datum* om (dag-voor-dag) een aantal weken vooruit te springen. Wat valt je op aan de positie van Titan? Wat is verantwoordelijk voor deze verandering denk je? Kun je enige regelmaat ontdekken?



Figuur 2: *Saturnus en zijn manen en ringenstelsel. De Field of View (FOV) hier is ongeveer 0.10°.*

Huygens kondigde de ontdekking van Titan (en de omlooptijd van de maan) aan in een anagram:

ADMOVERE OCVLIS DISTANTIA SIDERA NOSTRIS VVVVVVVCC CRRHNBQX.

De eerste vijf woorden refereren aan een vers van de Romeinse dichter Ovidius, en betekenen iets als `Zij brachten de verre sterren naar onze ogen.' De laatste twee woorden bestaan uit overgebleven letters. Als je het anagram oplost door de letters in de juiste volgorde te zetten ontstaat er:

SATURNO LUNA SUA CIRCUMDUCITUR DIEBUS SEXDECIM HORIS QUATUOR.

Oftewel `om Saturnus loopt zijn maan in zestien dagen en vier uur.'[10] Door het anagram te publiceren maar de oplossing (nog) geheim te houden zorgde Christiaan ervoor dat hij later zou kunnen aantonen dat hij de maan al in 1655 ontdekt had. In een wereld zonder snelle communicatie via telefoons of e-mails gebruikten wetenschappers soms dit soort trucs om ontdekkingen te `claimen'.

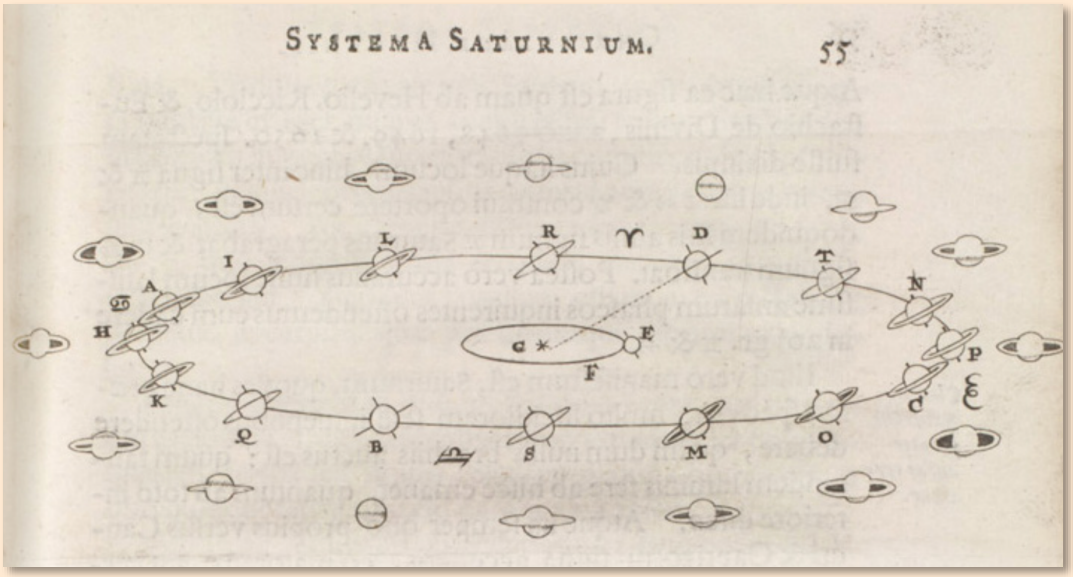
---

[7] We weten relatief veel van Titan dankzij NASA's *Cassini* missie en ESA's *Huygens* lander die in 2005 neerdaalde naar het oppervlakte van deze maan. In 2032 wil NASA terugkeren naar Titan met een afstandsbestuurbare helikopter, *Dragonfly*, om makkelijker meerdere plekken te bezoeken en meer te leren over de eigenschappen van deze maan.
[8] De naam Titan kwam later, van John Herschel, zoon van de beroemde Duits/Engelse sterrenkundige William Herschel.
[9] Zie bijvoorbeeld zijn boek *Cosmotheoros*, recent vertaald door Daphne Stam (*Cosmotheoros: Christiaan Huygens over buitenaards leven*, Boom Uitgevers, 2024).
[10] Als je interesse hebt in Latijn, probeer dan ook de Project HOI *Cosmotheorus* door Silvia de Wild.

5) Tegenwoordig zijn bijna 300 verschillende manen van Saturnus bekend. Naast de vier eerdergenoemden is ook Enceladus een bijzondere plek; deze maan is helemaal bedekt met een dikke laag waterijs (van wel ~500 km dik) met daaronder een enorme ~30-40 km diepe oceaan van voornamelijk zout water. In 2005 ontdekte de ruimtemissie *Cassini* dat er soms water en ijsdeeltjes door scheuren in de ijslaag ontsnappen en in enorme geisers de ruimte in worden gespoten.[11] Gebruik StellariumWeb om uit te zoeken welke van de witte stipjes in Figuur 2 Enceladus is. Kun je ook de omlooptijd van deze maan achterhalen?

6) Maar genoeg over de manen, laten we de `oren' van Saturnus eens van dichterbij bekijken. Zoom nog iets verder in zodat de ringen van Saturnus goed te zien zijn, en simuleer als het ware een jaar van dagelijkse waarnemingen door het pijltje boven de datum-aanduiding een flinke poos ingedrukt te houden tot je in maart 1656 bent beland. Over zo'n lange periode verandert er enorm veel; beschrijf *drie* periodieke veranderingen die je ziet, en probeer oorzaken te bedenken voor alle drie deze verschijnselen.

Christiaan Huygens deed in feite hetzelfde als jij in Opdracht 6). Door zijn telescoop kon hij weinig tot geen details zien, en hij had misschien meer tijd nodig (het was niet elke nacht helder in Den Haag), maar uiteindelijk ontrafelde hij als eerste het mysterie van Saturnus: de planeet had geen `oren' of `armen' maar een ring! En de oriëntatie van die ring veranderde naarmate de Aarde (en Saturnus) om de Zon bewogen. Huygens zou deze (correcte) visie publiceren in 1659 (zie Figuur 3).



Figuur 3: *Een stukje van pagina 55 uit Huygens' Systema Saturnium (1659) waarin Christiaan laat zien hoe veranderingen in de inclinatie van de ringen van Saturnus (gezien vanaf de Aarde) worden veroorzaakt. De Aarde (E) draait op haar baan (F) om de Zon (G), en Saturnus (alle andere letters) heeft een grotere baan. De tekeningen op de buitenste cirkel laten de oriëntatie van de ringen zien t.o.v. de ecliptica, en de losse tekeningen daaromheen laten zien hoe Saturnus eruitziet vanaf de Aarde gezien.*

Het is misschien moeilijk voor te stellen, maar in de 17e eeuw was het dus mogelijk om – min of meer eigenhandig – doorbraken in de sterrenkunde te bewerkstelligen: Christiaan & Constantijn junior bedachten en fabriceerden hun eigen telescopen, slepen hun eigen lenzen, deden hun eigen waarnemingen, en interpreteerden en publiceerden hun bevindingen zelf. Wat een contrast met vandaag! Missies zoals *Cassini* en *Dragonfly* zijn enorme ondernemingen waarbij meerdere landen, ruimtevaartorganisaties, en duizenden wetenschappers en ingenieurs betrokken zijn. Onderzoeken

[11] Rond 2040 hoopt de ESA een nieuwe missie richting de maan te sturen om deze geisers beter te onderzoeken en te leren of er eventueel leven mogelijk zou zijn in Enceladus' ondergrondse oceaan.

die ik en mijn groep in Exeter doen naar planeetvorming rond jonge sterren met bijvoorbeeld de *ALMA* radiotelescoop (in de Atacama woestijn in Chili) of de *James Webb Space Telescope* (in de ruimte, zo'n 4 keer verder weg dan onze eigen Maan) beginnen doorgaans met waarneemvoorstellen waaraan tientallen experts van over de hele wereld meewerken, en eindigen (hopelijk) in publicaties in sterrenkunde vakbladen met minstens zoveel (co)auteurs. Voor mij zijn dat soort samenwerkingen één van de hoogtepunten van het vak, maar soms ben ik ook wel een beetje jaloers op hoe creatief en zelfvoorzienend Christiaan Huygens was (en kon zijn) vanuit de tuinen in Den Haag en Voorburg.

7) Terug naar het heden. Stellarium en tal van vergelijkbare programma's zijn fantastische middelen om je te helpen er zelf op uit te gaan om sterren en planeten te spotten. Mijn advies zou zijn: (a) houd het weerbericht en de tijden van zonsopgang en -ondergang in de gaten, en (b) maak met Stellarium een plan om een aantal hemellichamen te vinden. Wanneer zijn Venus en Jupiter bijvoorbeeld zichtbaar deze week? En waar staan ze in de hemel? Kun je ook Mars zien te vinden? In deel 2 van *De veranderlijke sterrenhemel* zullen we dieper ingaan op de huidige sterrenhemel.

Bonus opdracht: Tot slot: toen ik zo oud was als mijn oudste zoon nu ging ik naar basisschool *De Lusthof* in Voorburg, nog geen kilometer van huize Hofwijck – het zomerverblijf van de familie Huygens waar Christiaan de laatste zeven jaar van zijn leven woonde, zijn *Cosmotheoros* schreef, Newton's *Principia* las, en uiteindelijk overleed in 1695.[12] Toen ik in groep 4 of 5 zat kreeg ik (om onduidelijke redenen) een stempel `hoogbegaafd.' Het belangrijkste gevolg daarvan (voor mij) was dat ik tijdens sommige lessen (rekenen, schrijven, etc.) op de gang of in de koffiekamer van de meesters en juffen terecht kwam waar ik mocht werken aan technisch Lego bouwwerken, exotische manieren om staartdelingen op te lossen, of Russisch kon leren met behulp van oude cassettebandjes (ik herinner me maar één woord, *собака* = hond). Hoe dan ook, rond het middag-uur op een zekere dinsdag in de herfst van 1995 gebeurde er iets wat meer indruk op mij maakte. Kun jij het volgende anagram oplossen en erachter komen wat dat was?

WAX EN WATER BIJ DE KELDER.

Stuur je antwoord naar s.krijt@exeter.ac.uk en onder de juiste inzendingen verloten we een paar coole stickers of andere goodies.

[12] De buitenplaats Hofwijck is tegenwoordig te bezoeken als onderdeel van het Huygens Museum (https://huygensmuseum.nl), ik raad je zeker aan er te stoppen als je een keer in de buurt bent en meer wilt leren over de familie Huygens. Basisschool *De Lusthof* bestaat overigens ook nog steeds, maar de oude gymzaal – toneel van een hoop ge-paaltjes-voetbal – niet meer.

Deze versie van dit werkblad is door Sebastiaan Krijt in elkaar gezet in November 2026. Sebastiaan is zeer dankbaar voor commentaar en hulp van Annie van der Beek en Krijstof Krijt. Er is geen kunstmatige intelligentie gebruikt bij het samenstellen van de opdrachten; in plaats daarvan zijn alle fouten en onnauwkeurigheden te wijten aan menselijke (Sebastiaans) stommiteit. Figuren 1 & 2 zijn gemaakt met https://stellarium-web.org, en Figuur 3 komt uit Huygens' Systema Saturnium (1659).

Antwoorden & hints:

1) *Leo*, ofwel de Leeuw.
2) Met een beetje inzoomen is Jupiter te zien, een graad of twee richting het Zuiden vanaf de Zon. Nee, Jupiter als buitenplaneet is soms erg ver van de Zon te vinden. Als Jupiter in oppositie is bijvoorbeeld (wanneer de Zon-Aarde-Jupiter min of meer in een rechte lijn liggen) is de planeet erg helder tijdens de nacht.
3) De draaiing van de Aarde om haar as.
4) Titan verspringt omdat de maan daadwerkelijk rond Saturnus heen draait (net als onze eigen Maan om de Aarde heen draait). De periode (of omlooptijd) van Titan is ongeveer 15.9 (aard)dagen – iets korter dan de periode die Christiaan afleidde.
5) Enceledas is de tweede heldere maan vanaf links gezien, tussen Rhea en Saturnus in. De omlooptijd van Enceladus is korter dan die van Titan – slechts 33 uur.
6) Je ziet bijvoorbeeld dat gedurende een jaar: (a) de hemel (om 20:00) lichter en donkerker wordt (dankzij de seizoenen en de kortere/langere dagen op aarde); (b) de manen heen en weer verspringen omdat ze om Saturnus heen draaien (zie vraag 5); (c) Saturnus zelf (iets) groter en kleiner wordt (omdat beide planeten om de Zon bewegen schommelt de afstand tussen de Aarde en Saturnus tussen de 1,205 miljoen km en 1,650 miljoen km – hierdoor ziet Saturnus er soms groter en soms kleiner uit; (d) de oriëntatie van de ringen verandert: soms zie je ze van de zijkant en zijn ze flinterdun, en soms zijn ze dikker en lijken ze meer op de oren van Galileo (de oorzaak hiervoor is geïllustreerd in Figuur 3).
7) Of ga een keer op bezoek bij een lokale sterrenwacht of universiteit – vaak zijn er veel mogelijkheden om door een telescoop te turen en met je eigen ogen de manen van Jupiter of ringen van Saturnus te zien – dat blijft een magische ervaring!

Hint voor de bonus opdracht: Je bent op zoek naar vier (Nederlandse) woorden.