

Voorronde Nederlandse Sterrenkunde Olympiade 2017

21 maart 2017

Leuk dat je meedoet aan de Nederlandse Sterrenkunde Olympiade 2017! Zoals je ongetwijfeld weet is dit de voorronde; de beste inzenders zullen worden uitgenodigd voor een driedaagse masterclass in Groningen. Degene die de toets aan het einde van de masterclass het beste maakt, wint een waarnemingreis naar het Canarische Eiland La Palma. Er zijn ook mooie prijzen voor de nummers twee en drie!

Het is de bedoeling dat je de onderstaande vragen en opdrachten maakt en je antwoorden en uitwerkingen **uiterlijk 15 mei 2017, 23h59m** upload op de site van de Sterrenkunde Olympiade 2017.

De volgende regels gelden:

- Maak de opgaven **bij voorkeur met een (zwarte) pen** op papier, of als Word-bestand. Scan (dus geen foto's!) het handgeschreven werk in. Op het papier mag je tekst schrijven, berekeningen doen, diagrammen maken, tabellen of plotjes plakken, of wat je zelf ook maar nodig acht om de vragen en opdrachten goed te kunnen beantwoorden. Je dient je werk te uploaden als `Jansen-Jan-NeS02017.pdf` of `Jansen-Jan-Nes02017.doc`. Je kunt ook Excelbestanden als bijlagen uploaden (`Jansen-Jan-bijlagevraag3d.xls`).
- Doe de open vragen/opdrachten elk op een apart blad.
- Vermeld op al je werk de volgende persoonlijke gegevens: **naam en postadres, e-mailadres, telefoonnummer, en school**.
- Ook als je niet op alle vragen een (volledig) antwoord hebt gegeven, **stuur dan toch je uitwerkingen in!** De ene vraag is moeilijker dan de andere. Het is zeer aannemelijk dat niemand alle vragen 100% goed heeft. Je hoeft de vragen ook niet op volgorde te maken.
- Bewaar zelf een kopie van je antwoorden.
- Na het opsturen van je antwoorden/oplossingen ontvang je per e-mail een ontvangstbevestiging. Mocht je vijf werkdagen na het opsturen van je antwoorden nog geen bevestiging ontvangen hebben, neem dan contact op met ons, via info@sterrenkundeolympiade.nl.
- De inzendingen worden nagekeken door een daarvoor aangewezen commissie. Over de uitslag kan niet worden gecorrespondeerd.
- Voor de meerkeuzevragen geldt: er is altijd één antwoord goed. Bij twijfel: kies het meest correcte antwoord!
- Voor de open vragen/opdrachten zul je niet alle benodigde informatie voorhanden hebben. Het is dus goed mogelijk dat je een begrip of een getal (bijvoorbeeld de massa van de zon of de maan) op internet of in een boek wilt opzoeken. Dit mag je dan ook doen waar je dat maar noodzakelijk lijkt. Vermeld bij de afzonderlijke vraag welke bronnen je gebruikt hebt.

Heel veel succes, en bedenk: je steekt er altijd wat van op!

Vragen en opdrachten

Meerkeuze

1. Waarnemers op verschillende continenten zien tegelijkertijd de maan op een iets andere plek ten opzichte van de sterren aan de hemel staan.
 - a Dit is onjuist: iedereen ziet de maan op exact dezelfde plaats
 - b Dankzij het parallax-effect
 - c Dankzij de lenswerking van de zwaartekracht
 - d Dankzij het Doppler-effect
2. Het is middernacht en je ziet de planeet Venus recht boven je hoofd.
 - a Je lijdt aan hallucinaties
 - b Het is 21 maart
 - c Je bevindt je op de evenaar
 - d Je staat op de noordpool
3. Welke bewering is waar?
 - a De zon staat om twaalf uur 's-middags precies in het zuiden
 - b De lente begint rond 21 maart
 - c Volle maan valt altijd in het begin van de maand
 - d Om de vier jaar is er een schrikkeljaar
 - e In Nederland valt de langste dag rond 21 juni
4. Gedurende welke fase van de maan is een maansverduistering mogelijk?
 - a Eerste kwartier
 - b Volle maan
 - c Nieuwe maan
 - d Alle bovenstaande
5. Als we een kaart van de nabije kosmos zouden tekenen met een schaal zodat de afstand aarde–zon een meter was, hoe ver zouden de dichtstbij staande sterren ongeveer zijn?
 - a 206265 km
 - b 250 km
 - c 10km
 - d 1000m

6. Waarom hebben witte dwergen een geringe helderheid?
- a Omdat ze een lage oppervlaktetemperatuur hebben
 - b Omdat ze extreem heet zijn
 - c Omdat ze erg klein zijn
 - d Omdat ze ver weg staan
7. Welke bewering is NIET waar?
- a Een supernova laat een neutronenster of zwart gat achter
 - b Alleen zware sterren eindigen hun leven als supernova
 - c Een supernova geeft net zoveel licht als een heel sterrenstelsel
 - d Een supernova laat een planetaire nevel achter
8. Een astronoom heeft een spectrum genomen van een ver sterrenstelsel. Uit dit spectrum leidt hij af dat dit stelsel geen gas heeft en ook geen sterren vormt. Dit sterrenstelsel is dus naar alle waarschijnlijkheid een:
- a spiraalstelsel
 - b Seyfertstelsel
 - c elliptisch stelsel
 - d planetaire nevel (helemaal geen sterrenstelsel)
 - e quasar
9. Chemische elementen zoals zuurstof en koolstof danken we aan:
- a vorming tijdens de Big Bang
 - b vorming in het inwendige van sterren
 - c vorming in supernova's
 - d vorming in de interstellaire ruimte
10. De Juliaanse dag wordt door sterrenkundigen gebruikt als absolute tijdmeting. De Juliaanse datum is begonnen met tellen om 12 uur Greenwich Mean Time op 1 januari 4713 v.Chr. in de Juliaanse kalender. Uren en minuten worden als hun decimale fractie van de dag aangegeven: 0,1 JD is dus 2,4 uur. De bekendmaking van de winnaar van de finale van deze Olympiade zal op 7 juli rond 17 uur zijn. Wat is hiervan de Juliaanse datum?
- a JD 2457942,170
 - b JD 2457942,208
 - c JD 2457543,208
 - d JD 2457942,125

Open Vragen en opdrachten

Specifiek voor de open vragen geldt:

- Geef altijd een motivatie voor een antwoord. Alleen een getal als uitkomst verdient geen punten, evenmin als een enkel begrip. Laat met een berekening zien hoe je aan een getal komt, of leg uit wat je doet om tot het antwoord te komen. Kun je een getal niet precies uitrekenen, maar weet je wel ongeveer wat je zou moeten doen, schrijf dit dan ook op. Sommige vragen kunnen misschien zelfs meer dan één goed antwoord hebben, afhankelijk van de redenering, dus zonder redenering kunnen ze dan niet beoordeeld worden.
- De programmeeropdrachten kunnen goed met Excel gedaan worden. Mocht je andere software kennen die hiervoor geschikt is dan staat het je vrij deze te gebruiken.
- Neem als leidraad bij het opschrijven van de uitwerkingen: stel je voor dat jij de opdrachten moest nakijken – wat zou je willen zien?!

1 Hoekresolutie en lineaire resolutie

De hoekresolutie van een instrument wordt ruwweg gegeven door het quotiënt van de golflengte waarop dat instrument werkt en de opening/diameter van het instrument, in radialen.

- a laat zien dat de hoekresolutie van het menselijk oog ongeveer een boogminuut is.
- b wat is de hoekafmeting van de maan aan de hemel en hoeveel detail kunnen we dus op het oppervlak van de maan zien met het blote oog?
- c nemen we vervolgens een 50mm (diam) vogelkijker en kijken we daarmee naar de maan: hoe groot zijn de details die we nu kunnen zien, in hoekmaat en lineaire maat (km)?
- d Bepaal, gebruikmakend van internet, de hoekresolutie van respectievelijk de Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy SOFIA, de Westerbork Synthese Radio Telescoop WSRT, de Atacama Large Millimeter Array ALMA, de Herschel Space Observatory, de Hubble Space Telescope HST, de James Webb Space Telescope JWST, en tenslotte VLBI (intercontinentale radio-interferometrie), voor hun afzonderlijke golflengtegebieden. Laat je berekeningen zien, en reflecteer op de antwoorden, voor wat betreft de waar te nemen objecten of structuren.
- e Waarom is het belangrijk om de resolutie van een waarneming precies te kennen?

2 Wie snapt het?

Bereken de gravitatie-aantrekkingskracht tussen aarde en maan, en zon en maan. Welke is groter? Draait de maan nou om de zon of om de aarde? Leg uit.

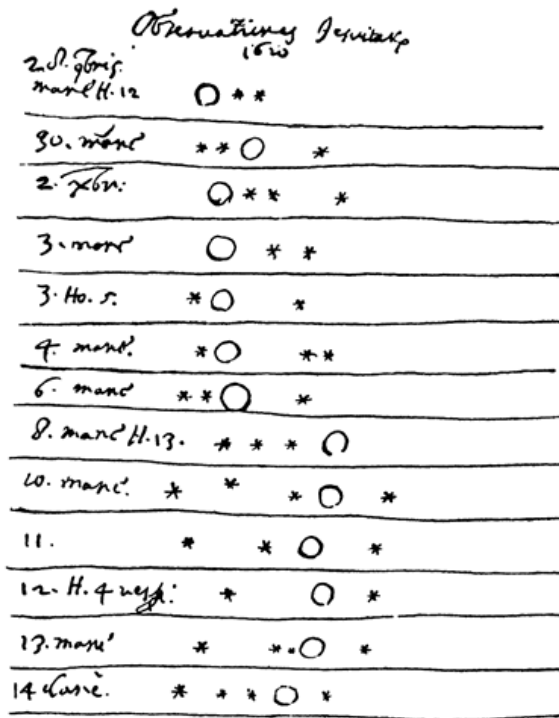
3 Kepler's derde wet

Uit nauwkeurige waarnemingen leidde Johannes Kepler in de vroege 17e eeuw zijn drie wetten voor de beweging van de planeten af. Zoek deze wetten op en maak je er vertrouwd mee.

- a Leid uit de omlooptijden van de planeten om de zon en hun afstanden de 3e wet van Kepler af, d.w.z. bepaal het quotiënt P^2/a^3 , waarbij P de omlooperperiode, en a de afstand tot de zon is. Waardoor wordt de numerieke waarde van het quotiënt bepaald?
- b Hoe lang moet iemand op de Saturnusmaan Enceladus wachten tussen twee verjaardagen?
- c De planeet Jupiter heeft veel manen; de bekendste zijn de Galileische manen Io, Europa, Ganymedes en Callisto. Hun omlooptijden om Jupiter zijn respectievelijk 1.77, 3.55, 7.16 en 16.7 (aardse) dagen; ze beschrijven cirkelbanen om de planeet in een vlak dat nagenoeg in de gezichtslijn naar de aarde ligt. Bereken met de 3e wet van Kepler hun afstanden tot Jupiter.
- d Schrijf een Excelprogramma dat gedurende een maand de hemelposities van de Galileimanen berekent. Maak met dat programma voor dertig achtereenvolgende nachten een afbeelding van Jupiter met die vier manen, zoals gezien vanaf de aarde, en vergelijk die tenslotte met de originele tekeningen van Galilei himself (zie Figuur 1). Met andere woorden: maak een moderne versie van die tekeningen, en beschrijf de werking van je computerprogramma.

4 Lichtverdeling in sterrenstelsels

De lichtverdeling van een elliptisch sterrenstelsel, als functie van de afstand r vanuit het centrum ($r = 0$), gemiddeld over alle hoeken tussen 0 en 360 graden en gecorrigeerd voor de ellipticiteit,



Figuur 1: Galileo's schetsen van vier Jupiter manen © G. Galilei.

wordt gegeven door het zogenaamde DeVaucouleurs profiel $L(r) = L_0 e^{-(r/r_0)^{1/4}}$. Het getal L_0 is een constante, de centrale helderheid, en r_0 is een lengte-eenheid, bijv. 15000 lichtjaar. Dit profiel beschrijft dus in feite de ruimtelijke verdeling van sterren in de 3-dimensionale zwaartekrachtspotential van een elliptisch stelsel (hoe groter het stelsel, deste groter r_0).

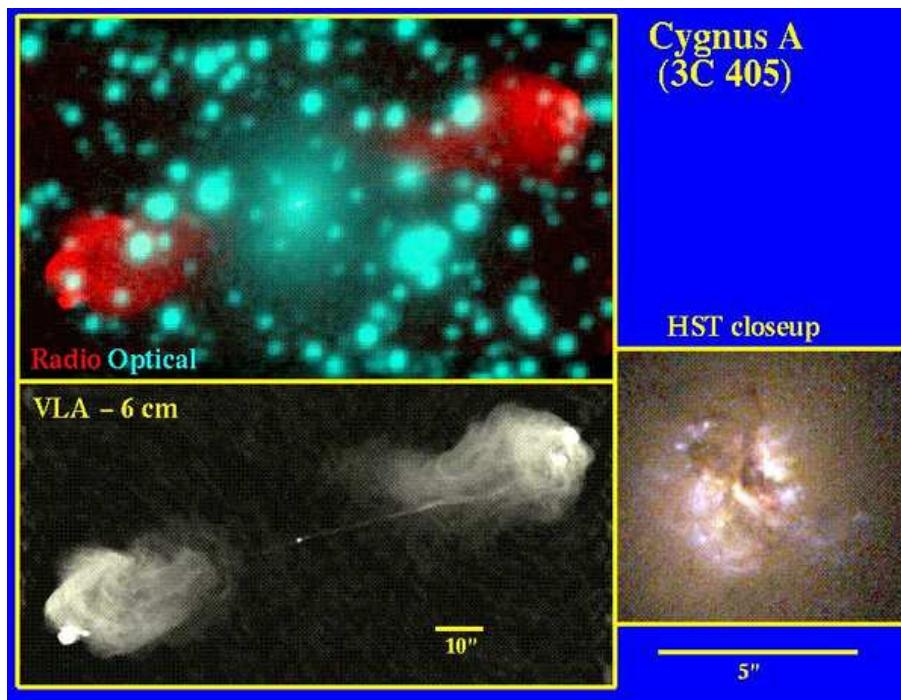
Voor spiraalstelsels die een andere potential hebben wordt het azimuthaal-gemiddelde lichthelderheidsprofiel gegeven door een zgn. exponentieel profiel $L(r) = L_0 e^{-r/D}$. Het getal L_0 is een constante, de centrale helderheid van het stelsel, en D is weer een lengte-eenheid, bijv. 15000 lichtjaar.

Maak excel grafieken van deze lichtprofielen als functie van r voor zekere waarden van r_0 en D , en leg uit hoe astronomen deze gebruiken.

5 Radiosterrenstelsels

Van radiosterrenstelsel Cygnus A (zie Figuur 2) ontvangen we met radiotelescopen zoals die in Westerbork ongeveer 3×10^{-12} W/m² aan radio-energie.

- Hoeveel Watt straalt het stelsel aan radiostraling uit?
- De symmetrische radiowolken spannen een hoek op van 2 boogminuten. Hoeveel is dat in lichtjaren?
- Als je je bedenkt dat de radiowolken gevoed worden door twee straalstromen (jets) naar de verste uiteinden van die wolken, dat die jets ontstaan in de kern van het moedersterrenstelsel en dat het transport van de energie door de jets plaats vindt met een snelheid die



Figuur 2: Tussen de vele sterren van de Melkweg in het sterrenbeeld Zwaan, is een ver, zwak sterrenstelsel te zien, dat beroemd is door zijn radio-astronomische naam Cygnus A. Aan weerszijden van, maar ver buiten het sterrenstelsel, bevinden zich twee gigantische radiowolken, die bijv. met de VLA radiotelescoop in kaart zijn gebracht. De twee wolken van dit radiosterrenstelsel zijn door dunne straalstromen (jets) met het moederstelsel verbonden. Het object bevindt zich op een afstand van 600 miljoen lichtjaar © Bill Keel.

5% van de lichtsnelheid bedraagt, bereken dan hoe oud die wolken ongeveer zijn. Dat is dus de 'leeftijd' van het radiosterrenstelsel.

- d Stel dat gedurende de zojuist bepaalde leeftijd het eerder berekende wattage constant is geweest, hoeveel energie is er dan gedurende die tijd opgewekt? Vergelijk je antwoord met het wereldenergie-verbruik. Als je weet dat verbranding van steenkool ongeveer 30 miljoen J/kg oplevert, kan Cygnus A dan in theorie gevoed worden door kolencentrales? Zo niet, wat speelt er dan?

6 De Drake-vergelijking

In 1961 stelde astronoom Frank Drake de naar hem genoemde Drake-vergelijking op.

- Wat beschrijft deze vergelijking en wat geven de factoren in de vergelijking weer?
- Welke factoren zijn met vrij hoge nauwkeurigheid bekend, en welke niet?
- Stel dat de Drake vergelijking het niet onmogelijke getal van een miljoen oplevert. Als je de Melkweg voorstelt als een platte schijf met een diameter van honderdduizend lichtjaar, hoe ver is het dan ruwweg naar de burens? Welke aanname gaat er in deze berekening, en is die plausibel?

EINDE