

Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2018

31 januari 2018

Welkom bij de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2018! Zoals uitgelegd op de website mag je deze Olympiade thuis oplossen, met al het onderzoekwerk dat je nodig acht. De beste vijf inzendingen worden uitgenodigd om deel te nemen aan de tweede ronde van de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade en strijden voor de hoofdprijzen. De tweede ronde gaat door op zaterdag 5 mei 2018. De winnaar mag – naar keuze – gaan waarnemen met de Mercatortelescoop op La Palma (Canarische Eilanden), inclusief reis en verblijf, of wordt de trotse eigenaar van een Celestron NexStar 8SE telescoop.

Het is de bedoeling dat je de onderstaande vragen oplost en je antwoorden aan ons bezorgt, uiterlijk op **3 april 2018**. Dit kan elektronisch via e-mail naar *deelname@sterrenkundeolympiade.be* of per post naar het adres:

Vlaamse Sterrenkunde Olympiade
Vereniging Voor Sterrenkunde
Oostmeers 122c
8000 Brugge

Let zeker op de volgende aandachtspunten:

- De wedstrijd staat open voor alle leerlingen aan een Vlaamse secundaire school.
- Elke inzending moet vergezeld zijn van het standaard deelnameformulier. In principe is het de bedoeling dat de deelnemers de vragen individueel beantwoorden. Een samenwerkingsverband van meerdere deelnemers is mogelijk (maar wordt eigenlijk afgeraden), op voorwaarde dat alle deelnemers vermeld worden. Er kan echter hoogstens één van de deelnemers van dergelijk samenwerkingsverband tot de finale toegelaten worden. Inzendingen van verschillende deelnemers die overduidelijke gelijkenissen met elkaar vertonen, zullen door de jury als één enkele inzending beschouwd worden.
- De opgaven mogen op gewoon papier geschreven worden. Het is dus niet nodig de antwoorden via tekstverwerker op te maken (maar het mag wel natuurlijk). Digitaal insturen kan door de antwoorden te scannen (bij voorkeur in PDF-formaat). Je mag tekst schrijven, berekeningen doen, diagrammen maken of wat je zelf ook maar nodig acht om de vragen goed te kunnen beantwoorden.
- Elke vragenreeks dient op een nieuw (afzonderlijk) blad gestart te worden.
- Niet alle vragen zijn even gemakkelijk. Raak hierdoor niet ontmoedigd! Deze olympiade is samengesteld om de beste inzenders te kunnen selecteren en wellicht is er geen enkele

inzender die de olympiade perfect maakt. Kortom: ook als je maar een deel van de vragen hebt kunnen maken: stuur vooral je uitwerkingen in! Er worden immers ook prijzen verloot onder de inzenders die niet tot de finale doorstoten.

- Denk er aan dat opgaven en antwoorden van vorige jaren terug te vinden zijn op onze website www.sterrenkundeolympiade.be (bij ‘voorbeelden’). Dit kan wellicht soms inspiratie opleveren.
- Vragen kunnen bij eerste lezing soms moeilijk of onbegrijpelijk overkomen. Lees in elk geval altijd eerst de volledige vraag, omdat verder in de vraag soms elementen kunnen aangereikt worden die zaken verklaren die eerst onduidelijk leken. Ook meerdere keren een vraag herlezen, kan je in vele gevallen helpen.
- Voor sommige opgaven zal je niet alle benodigde informatie voorhanden hebben. Het is dus goed mogelijk dat je een begrip (bijvoorbeeld supernova, dichtheidsprofiel, ...), getal (bijvoorbeeld de massa van de Zon, de constante van Boltzmann, ...) of symbool (M_{\odot} , ...) op internet of in een boek wil opzoeken. Dit mag je dan ook doen waar je dat maar nuttig lijkt, maar je vermeldt best je bron hierbij. De bronvermelding speelt mee als criterium bij de beoordeling van je antwoorden.
- Voor de meerkeuzevragen is geen motivatie vereist. Daar volstaat het antwoord. Voor elke vraag is er één en slechts één van de geboden antwoordalternatieven correct (tenzij het uitdrukkelijk anders is vermeld); in geval van twijfel geef je het ‘beste’ alternatief. Ben je er vast van overtuigd dat er toch meerdere goede alternatieven zijn, leg dan zeker uit waarom.
- Voor de open vragen wordt voor elk antwoord een motivatie verwacht. Een getal als uitkomst alleen verdient geen punten. Laat met een berekening zien hoe je aan een getal komt, en leg uit wat je doet om tot het antwoord te komen. Kan je een getal niet precies uitrekenen, maar weet je wel ongeveer wat je zou moeten doen, schrijf dit dan ook op!
- Bewaar een eigen kopietje van je antwoorden, want na het afsluiten van de eerste ronde zetten we de oplossingen en uitwerkingen op onze website, zodat je zelf alvast kunt kijken hoe je het hebt gedaan.
- De olympiade wordt nagekeken door een daarvoor aangewezen commissie. Over de uitslag kan niet worden gediscussieerd.

Heel veel succes!

Het organiserend comité van de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2018: Robin Baeyens (KULeuven), Robin Björklund (KULeuven), Jelle Dhaene (UGent), Frank Tamsin (VVS), Sébastien Viaene (UGent) en Walter Van Rensbergen (VUB).

<http://www.sterrenkundeolympiade.be>
info@sterrenkundeolympiade.be



Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2018

Deelnameformulier

Naam:	.....
Voornaam:	.....
Straat en nummer:	.....
Postcode en gemeente:	.....
Geboortedatum:	.....
E-mail:	.....
Telefoon:	.....
Naam van de school:	.....
Adres van de school:	.....
Leerjaar en studierichting:	.....
Leraar fysica:	.....
Leraar aardrijkskunde:	.....
Leraar wiskunde:	.....
Hoe werd je op de hoogte gebracht van de Sterrenkundeolympiade:	..... ..... .....

Meerkeuze vragenreeks

1. Een typische amateurtelescoop voor beginners heeft een diameter van 10 cm, terwijl gevorderde amateurs eerder zullen gebruikmaken van een telescoop van 40 cm. Hoeveel keer groter is het lichtverzamelend vermogen van de grotere telescoop?

- a) 2 keer.
- b) 4 keer.
- c) 8 keer.
- d) 16 keer.
- e) Er is meer informatie over de telescopen nodig om dit te kunnen bepalen.

2. Op 5 september 2016 heeft de Rosetta-missie de lander Philae kunnen terugvinden op de komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko. De lander Philae (met afmetingen van $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$) was te zien op een beeld van de hogeresolutiecamera met 2048×2048 pixels en een beeldveld van $2.2^\circ \times 2.2^\circ$ als een object van 25×25 pixels. Vanop welke afstand van Philae heeft Rosetta de lander gefotografeerd?

- a) 1,1 km.
- b) 2,1 km.
- c) 12,2 km.
- d) 26,8 km.
- e) 42,5 km.

3. Wanneer men waarneemt vanuit België, in welk seizoen staat de volle maan dan het hoogst aan de hemel?

- a) in de lente.
- b) in de zomer.
- c) in de herfst.
- d) in de winter.
- e) Dit verschilt van jaar tot jaar (en is dus geen seizoenseffect).

4. Zoals in vele Amerikaanse steden kent New York (en dus ook Manhattan) een rechthoekig stratenplan. De 'avenues' in Manhattan lopen grofweg tussen noord en zuid. De 'streets' lopen tussen oost en west. Wanneer de Zon opkomt of ondergaat in het verlengde van de 'streets' spreekt men van 'Manhattanhenge'. Dit fenomeen doet zich vier keer per jaar voor (twee keer bij zonsopkomst en twee keer bij zonsondergang). Veronderstel dat het fenomeen zich voordoet bij zonsondergang op 11 juli. Op welke datum is er dan nog eens 'Manhattanhenge' bij zonsondergang?

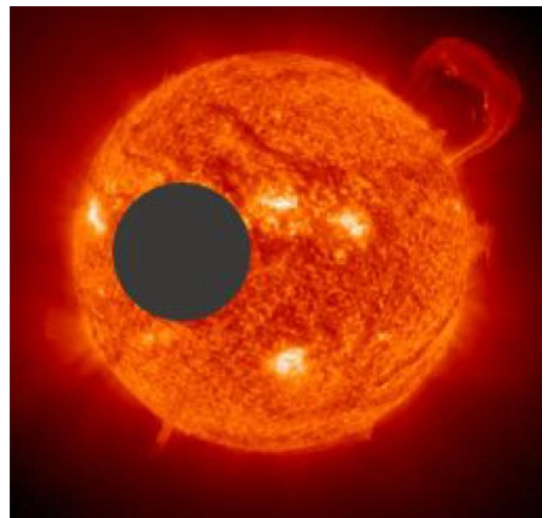
- a) 30 mei.
- b) 30 juni.
- c) 11 december.
- d) 11 januari.
- e) Dit kan niet uit de gegevens afgeleid worden.

5. Stel je voor dat je je op 21 december op de Zuidpool bevindt. Welk van volgende uitspraken beschrijft het best je schaduw op die dag?

- a) Op 21 december is de Zuidpool de hele dag in het donker gehuld; het is dus poolnacht en er is dan uiteraard helemaal geen schaduw zichtbaar.
- b) Op de middag is er geen schaduw te zien, omdat de Zon dan in het zenit staat; de rest van de dag is er wel schaduw te zien.
- c) De Zon bevindt zich de hele dag recht boven je hoofd, zodat er geen schaduw te zien is.
- d) De Zon bevindt zich de hele dag boven de horizon en je schaduw zal in de loop van de dag een cirkel van 360° beschrijven.
- e) Je schaduw wijst de richting van de Noordpool aan.

6. Op 24 april 2017 nam de satelliet een foto van de Maan die voor de Zon passeert. Schat aan de hand van deze foto de afstand tussen de Maan en satelliet die de foto heeft genomen. De hoekdiameter van de Zon is $32'$.

- a) $5,56 \cdot 10^5$ km.
- b) $1,12 \cdot 10^6$ km.
- c) $2,24 \cdot 10^6$ km.
- d) $1,12 \cdot 10^7$ km.
- e) $2,24 \cdot 10^7$ km.

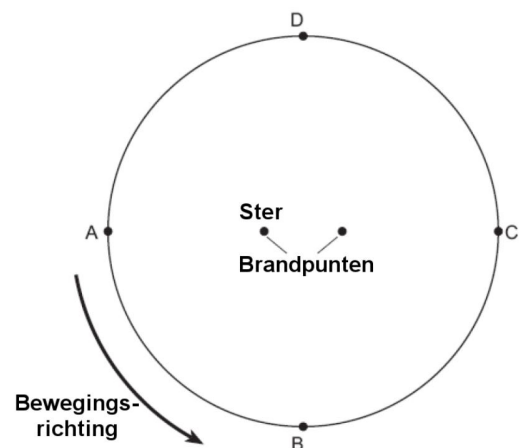


7. In 2017 kon vanop Aarde een komeet waargenomen worden waarvan de lengte van de halve as van de baan $a = 4$ AE (astronomische eenheden) bedroeg en met excentriciteit $e = 0,12$. In welk jaar kan deze komeet opnieuw zichtbaar zijn?

- a) 2021.
- b) 2022.
- c) 2023.
- d) 2024.
- e) 2025.

8. De figuur rechts geeft schematisch de beweging weer van een planeet op een elliptische baan rond een ster. Op de baan zijn vier punten aangegeven (A, B, C en D). Bij de beweging van de planeet van positie A naar D zal de baansnelheid

- a) continu afnemen;
- b) continu toenemen;
- c) eerst afnemen en dan toenemen;
- d) eerst toenemen en dan afnemen;
- e) de hele tijd gelijk blijven.



9. De energie voor de vulkanische activiteit op Io (een maantje van Jupiter) is afkomstig van
- radioactieve stoffen in het inwendige van Io;
 - chemische reacties;
 - getijdenwerking;
 - energie uitgestraald door Jupiter en de Zon;
 - zowel radioactieve stoffen als chemische reacties (a en b).
10. Wat is de hoofdreden dat we niet denken dat Pluto een ontsnapte maan van Neptunus is?
- De massa van Pluto is te klein.
 - Pluto heeft zelf satellieten.
 - De baan van Pluto is te veel geheld ten opzichte van de ecliptica.
 - De excentriciteit van de baan van Pluto is te groot.
 - Dit is niet correct: vermoedelijk is Pluto wel degelijk een ontsnapte maan van Neptunus.
11. Als Mars omstreeks de middag opkomt, in welke configuratie bevindt de planeet zich dan ten opzichte van de Aarde en de Zon?
- conjunctie.
 - oppositie.
 - kwadratuur.
 - grootste elongatie.
 - Dit kan op basis van deze gegevens niet bepaald worden.
12. Welke uitspraak over de vorming van ons planetenstelsel is niet waar?
- De asteroïdengordel tussen Mars en Jupiter is ontstaan door twee rotsachtige planeten die op elkaar gebotst zijn.
 - De samenstelling van de gaswolk waaruit ons planetenstelsel gevormd is, bestond voor 98% uit waterstof en helium.
 - Ons zonnestelsel is ongeveer 4,5 miljard jaar oud.
 - Zonder de aanwezigheid van de gasreuzen zou er geen water op Aarde zijn.
 - Afhankelijk van de plaats in het zonnestelsel waar ze zijn ontstaan, bestaan planetesimalen uit metaal, steen of ijs.
13. Voor welk van volgende factoren in de formule van Drake mag in de nabije toekomst wellicht een betrouwbare schatting verwacht worden?
- de fractie van sterren die planeten hebben;
 - de fractie van planeten waarop leven voorkomt;
 - de fractie van planeten met leven, waarop intelligent leven voorkomt;
 - de fractie van intelligent leven dat communicatief is;
 - de gemiddelde levensduur van een technische beschaving.

14. Twee hoofdreekssterren A en B hebben een effectieve temperatuur van respectievelijk 10000 K en 5700 K. De diameters van de sterren A en B verhouden zich als 3 tot 2. Wat is het verschil in absolute magnitude tussen beide sterren?

- a) 2,89.
- b) 3,32.
- c) 3,67.
- d) 4,32.
- e) 4,75.

15. Welk soort object is M57?

- a) een bolvormige sterrenhoop.
- b) een spiraalstelsel.
- c) een planetaire nevel.
- d) een open sterrenhoop.
- e) een stervormingsgebied.

16. Hoe groot is de ontsnappingsnelheid van een planeet die twee keer de massa van de Aarde heeft en $\frac{1}{3}$ van de aardstraal?

- a) 9,2 km/s.
- b) 11,2 km/s.
- c) 13,7 km/s.
- d) 21,2 km/s.
- e) 27,4 km/s.

17. Een ster heeft een schijnbare magnitude van 5,7 en bevindt zich op een afstand van 26,3 parsec van ons. Veronderstel dat de interstellaire extinctie 2 magnituden bedraagt. Hoe groot is dan de lichtkracht van deze ster?

- a) 1,6 keer de lichtkracht van de Zon.
- b) 8,0 keer de lichtkracht van de Zon.
- c) 9,8 keer de lichtkracht van de Zon.
- d) 19,6 keer de lichtkracht van de Zon.
- e) 25,6 keer de lichtkracht van de Zon.

18. Wat is de piekgolflengte in de elektromagnetische straling die uitgezonden wordt door een ster met een oppervlaktetemperatuur van 5000 K?

- a) 580 ångström.
- b) 5800 ångström.
- c) 4600 ångström.
- d) 2900 ångström.
- e) 58000 ångström.

19. We beschouwen drie sterren X, Y en Z. De golflengte waarop ster X het meest energie uitzendt, is 650 nm. Bij ster Y is dit bij 400 nm. Ster Z heeft een oppervlaktetemperatuur van 5800 K. Wat is de correcte rangschikking van de drie sterren, in volgorde van stijgende oppervlaktetemperatuur?

- a) X – Y – Z.
- b) X – Z – Y.
- c) Y – X – Z.
- d) Y – Z – X.
- e) Z – X – Y.

20. We nemen een ster waar met een oppervlaktetemperatuur van 10000 K. Tussen ons en de ster bevindt zich een waterstofwolk met een temperatuur van 20000 K. Deze waterstofwolk beweegt zich van ons weg naar de ster toe. Het waargenomen spectrum

- a) bevat een continu spectrum en roodvershoven emissielijnen van waterstof.
- b) bevat een continu spectrum en roodvershoven absorptielijnen van waterstof.
- c) bevat een continu spectrum en blauwvershoven emissielijnen van waterstof.
- d) bevat een continu spectrum en blauwvershoven absorptielijnen van waterstof.
- e) bevat een continu spectrum met alle lijnen op de verwachte plaats, zoals men die ziet in een laboratorium.

21. Ster X heeft een oppervlaktetemperatuur van 10000 K en bij ster Y is dit 20000 K. Beide sterren hebben dezelfde straal. Welk van volgende uitspraken is correct?

- a) Ster Y zendt 2 keer meer energie uit dan ster X.
- b) Ster Y zendt 4 keer meer energie uit dan ster X.
- c) Ster Y zendt 8 keer meer energie uit dan ster X.
- d) Ster Y zendt 16 keer meer energie uit dan ster X.
- e) Ster X zendt 16 keer meer energie uit dan ster Y.

22. Het Hertzsprung-Russell-diagram is een erg belangrijk instrument in de sterrenkunde. Voor welk van volgende problemen kan dit diagram nuttig aangewend worden?

- a) Het schatten van de leeftijd van het heelal.
- b) Het schatten van de massa van een ster.
- c) Het bepalen van de samenstelling van een ster.
- d) Het bepalen van de schijnbare magnitude van een ster.
- e) Het bepalen van de eigenbeweging van een ster.

23. Wat is het eindstadium in de evolutie van een G1 ster met een massa van 1,1 keer de massa van onze Zon?

- a) Rode reus.
- b) Witte dwerg.
- c) Zwart gat.
- d) Neutronenster.
- e) Bruine dwerg.

24. Een type Ia supernova wordt waargenomen in een sterrenstelsel met roodverschuiving $z = 0,03$. De afstand van de supernova wordt bepaald op $1,3 \cdot 10^8$ parsec. Welke Hubble-tijd kan uit deze waarneming afgeleid worden?
- a) $1,41 \cdot 10^{10}$ jaar.
 - b) $1,41 \cdot 10^{10}$ seconden.
 - c) $1,33 \cdot 10^9$ jaar.
 - d) 47,1 jaar.
 - e) $1,33 \cdot 10^9$ seconden.
25. Om exoplaneten te vinden worden diverse technieken gebruikt. Welke van volgende technieken is het meest geschikt om de massa van een exoplaneet te schatten?
- a) De methode van de radiële snelheid.
 - b) De methode van de transit timings.
 - c) Microlensing.
 - d) Direct imaging.
 - e) Eigenbeweging.
26. Alle veranderlijke sterren van het RR Lyrae type hebben dezelfde absolute magnitude M van ongeveer 0,75. Stel dat we een dergelijke ster waarnemen met een schijnbare magnitude van 16,0. Wat is dan de afstand van deze ster (kpc = kiloparsec)?
- a) 11,2 kpc.
 - b) 17,6 kpc.
 - c) 27,3 kpc.
 - d) 36,5 kpc.
 - e) 47,7 kpc.
27. Welk van volgende elementen kan initieel énkél gecreëerd zijn door een ster die een supernova-explosie heeft ondergaan?
- a) waterstof;
 - b) zuurstof;
 - c) koolstof;
 - d) stikstof;
 - e) fosfor.
28. Hoe groot zou de straal van de Zon zijn als de Zon een zwart gat zou worden (wat uiteraard zeer onwaarschijnlijk is)?
- a) 1 km.
 - b) 2 km.
 - c) 3 km.
 - d) 4 km.
 - e) 5 km.

29. We nemen een quasar waar waarvan de helderheid schommelingen vertoont in minder dan een dag. Wat is op basis van deze informatie de beste schatting voor een bovengrens voor de afmetingen van deze quasar?

- a) 8 kpc (kpc = kiloparsec).
- b) 170 AE (AE = astronomische eenheid).
- c) 3 AE (AE = astronomische eenheid).
- d) 3 R_{\odot} (R_{\odot} is de straal van de Zon).
- e) 1 pc (pc = parsec).

30. Welk van volgende karakteriseringingen beschrijft het best de kosmische achtergrondstraling zoals we die tegenwoordig kunnen waarnemen?

- a) Een heldere uniforme röntgengloed.
- b) Een zwak uniform radiosignaal.
- c) Zwakke uniforme röntgenstraling.
- d) Een zwak en onregelmatig radiosignaal.
- e) Een zwakke achtergrond van kosmische neutrino's.

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

11.	
12.	
13.	
14.	
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	

21.	
22.	
23.	
24.	
25.	
26.	
27.	
28.	
29.	
30.	

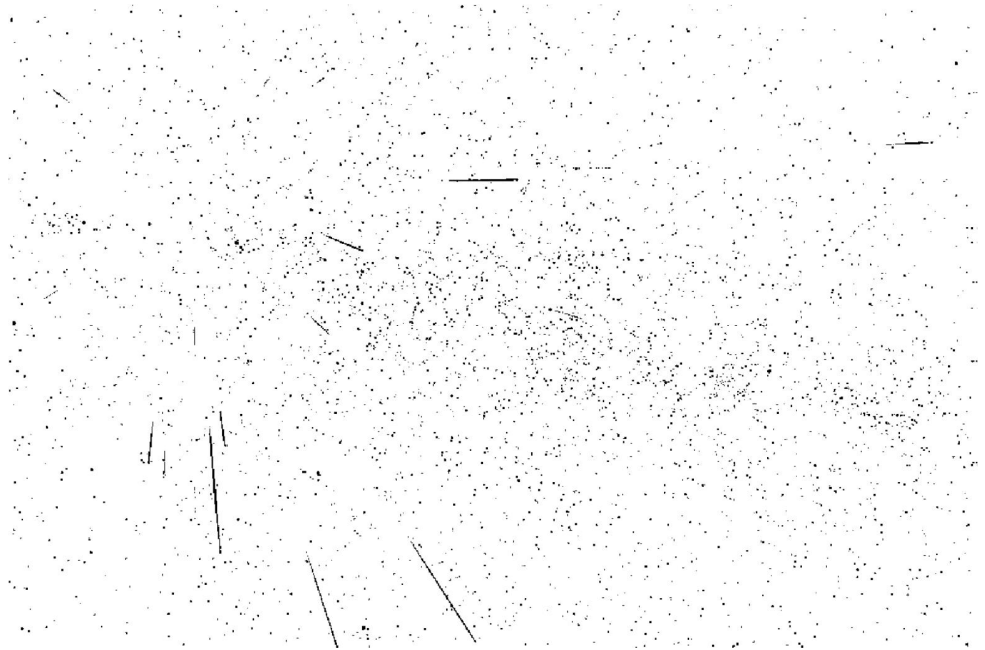
Open vragenreeks I: astronomische observaties

Bij de volgende vragen worden telkens een of meer opnamen getoond van een astronomisch fenomeen. De vraag is telkens om het fenomeen te identificeren en kort te beschrijven.

Vraag 1.

Dit is een lang belichte opname van een gedeelte van de hemel.

- Leg uit wat er te zien is.
- Maak een schatting hoe lang deze opname ongeveer zou belicht zijn (seconden, minuten, uren, dagen, ...) en verklaar deze schatting.



Vraag 2.

- Leg uit wat op dit beeld te zien is.
- Maak een schatting hoe lang deze opname ongeveer zou belicht zijn en verklaar deze schatting.



Vraag 3.

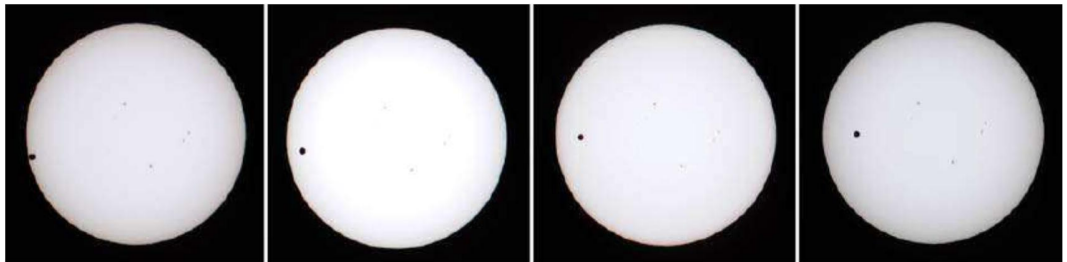
Het beeld hiernaast bevat meerdere (samengevoegde) opnamen van hetzelfde gebied aan de hemel, maar op verschillende tijdstippen.

- Leg uit wat er te zien is.
- Over welke periode zouden deze opnamen gemaakt zijn?



Vraag 4.

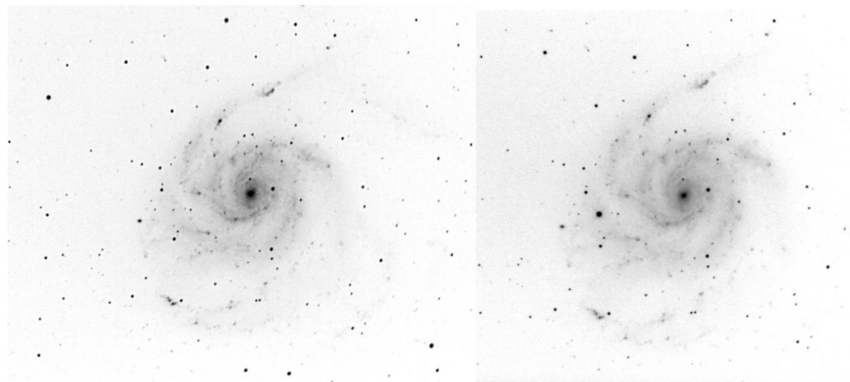
Elk van deze beelden toont hetzelfde object, maar op een verschillend tijdstip (chronologisch van links naar rechts).



- Leg uit wat er te zien is.
- Over welke periode zouden deze opnamen gemaakt zijn?

Vraag 5.

Deze twee opnamen tonen hetzelfde object op twee verschillende tijdstippen. Leg uit wat er te zien is.



Open vragenreeks II: planetenstelsels

In 2017 werd een uitgebreid planeetsysteem rond de ster TRAPPIST-1 ontdekt. Zeven rotsachtige planeten die in heel dichte banen rond de moederster draaien, werden gedetecteerd via de transitmethode en naargelang hun afstand tot de moederster respectievelijk TRAPPIST-1b tot en met TRAPPIST-1h genoemd.

Vraag 1.

Een belangrijk verschil met ons eigen zonnestelsel is dat de ster TRAPPIST-1 een M-dwerg is.

a) Leg uit wat een M-dwerg is en waarom het relatief gemakkelijk is om rotsachtige planeten te detecteren bij M-dwergen.

b) TRAPPIST-1 heeft een effectieve temperatuur van 2600 K en een straal van $0,117 R_{\odot}$.

Bereken de lichtkracht van de ster. Hoeveel zwakker is TRAPPIST-1 vergeleken met onze Zon ($T_{\odot} = 5800 \text{ K}$)?

Vraag 2.

De bewoonbare zone rond een ster wordt gedefinieerd als het gebied waarin een aardachtige planeet kan voorkomen met vloeibaar water aan het oppervlak. Het bepalen van de bewoonbare zone rond een ster is niet triviaal, aangezien er rekening moet worden gehouden met de atmosfeer van de planeet, de grootte, interne warmte, etc.

a) Toch kan een simpele berekening ons al veel leren. Als we bijvoorbeeld de afstand bepalen waarop een planeet evenveel energie krijgt van haar ster als de Aarde krijgt van de Zon, is dit al een goede schatting voor de positie van de bewoonbare zone. Bereken deze afstand voor TRAPPIST-1.

b) In onderstaande tabel staan alle planeten van het TRAPPIST-systeem, samen met hun omlooperperiodes (in dagen).

b	c	d	e	f	g	h
1,511	2,422	4,050	6,100	9,207	12,353	~20

Kan je, op basis van de informatie uit de tabel en de vorige vraag, bepalen of er één of meerdere planeten mogelijk vloeibaar water bevatten? Zo ja, welke? De massa van de ster TRAPPIST-1 bedraagt $0,08 M_{\odot}$.

Vraag 3.

a) Voor de ontwikkeling van intelligent leven is er voldoende tijd nodig. De tijd die een ster op de hoofdreeks doorbrengt (τ) hangt af van de aanwezige brandstof ($\sim M$, de massa van de ster) en de snelheid waarmee die brandstof opgebruikt wordt ($\sim L$, de lichtkracht van de ster). Bereken de verwachte tijd die TRAPPIST-1 zal doorbrengen op de hoofdreeks. Gebruik hiervoor de massa-lichtkrachtrelatie $L \sim M^{3,5}$. Schaal je berekening aan de hand van de Zon ($\tau_{\odot} = 10^{10}$ jaar).

b) Uit voorgaande vragen blijkt dat planeten rond M-dwergen veelbelovende plaatsen zijn voor sterrenkundigen om te zoeken naar leven. Maar planeetsystemen rond M-dwergen vertonen ook een aantal fenomenen die erg nadelig zouden kunnen zijn voor de ontwikkeling van intelligent leven. Welke?

Open vragenreeks III: zonnewind

De Zon verliest voortdurend massa. Dit doet ze onder andere door een constante zonnewind. Het massaverlies van de Zon hierdoor is ongeveer

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = 10^{-14} M_{\odot} / \text{jaar}$$

waarbij M_{\odot} de massa van de Zon voorstelt.

Voor wie vertrouwd is met afgeleiden, merken we op dat het correcter is te stellen dat

$$\frac{dM}{dt} = \dot{M} = 10^{-14} M_{\odot} / \text{jaar}$$

Via behoud van massa geldt de volgende vergelijking

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = 4\pi r^2 \rho(r) v(r)$$

met $\rho(r)$ de dichtheid van de wind en $v(r)$ de snelheid op een bepaalde afstand r van de Zon.

Vraag 1.

De snelheid van deze wind kunnen we benaderen met een eenvoudige vergelijking:

$$v(r) = 2,6 \cdot v_{esc} \left(1 - \frac{R}{r}\right)^{\beta}$$

In deze formule is R de straal van de Zon en de exponent β voor de zonnewind is gelijk aan 0,5.

- Bereken de ontsnappingsnelheid v_{esc} van de Zon. De formule hiervoor kan gevonden worden uit het behoud van kinetische en gravitationele potentiële energie.
- Gebruik alle gegevens om de dichtheid ρ van de wind te berekenen op $r = 1$ AE (AE = astronomische eenheid = de gemiddelde afstand van de Aarde tot de Zon).
- Ga ervan uit dat de wind enkel bestaat uit waterstofkernen, dus protonen. Bereken hoeveel deeltjes per kubieke centimeter in de wind op 1 AE zitten.

Vraag 2.

Hoe meer deeltjes in de zonnewind, hoe groter de kans op poollicht, doordat meer deeltjes botsen met de magnetosfeer van de Aarde. Een waarde van 20 deeltjes/cm³ is een start van een sterke geomagnetische storm. Dit is echter geen garantie voor poollicht omdat de snelheid en het magnetische veld ook een rol spelen.

Massieve sterren (met een massa groter dan $15 M_{\odot}$) verliezen ook massa in een sterke wind.

Deze kan miljoenen keren zo sterk zijn als de zonnewind met

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = 10^{-6} M_{\odot} / \text{jaar}$$

- Geef een reden waarom de wind van een massieve ster zo krachtig kan zijn.
- Doe berekeningen uit vraag 1 (a, b en c) opnieuw voor een massieve ster, waarbij $M = 30 M_{\odot}$, $R = 8 R_{\odot}$ en thans is $\beta = 0,8$.
- Verklaar het verschil tussen het resultaat uit vraag 1c en 2b en breng dit in verband met de kans om poollicht te zien.



Vraag 3.

De Zon verliest echter niet enkel massa via de constante zonnwind, maar er zijn af en toe ook gebeurtenissen waar er veel massa in één keer wordt weggeslingerd, zogenaamde coronale massa ejecties (CME).

Bespreek kort de eigenschappen van zo'n CME en wat het effect zou zijn op het poollicht.

Open vragenreeks IV: dubbelsterren

Een neutronenster met een massa van 1,4 zonsmassa's en een straal van 10 km bevindt zich in een binair stersysteem met een hoofdreeksster. In dit systeem vloeit massa van de hoofdreeksster naar de neutronenster. Per seconde wordt er zo 10^{14} kg overgedragen.

Vraag 1.

- Hoeveel bedraagt de overgedragen massa, uitgedrukt in zonsmassa's per seconde?
- Ga ervan uit dat alle potentiële energie van de invallende materie omgezet wordt in straling. Wat is dan de lichtkracht (luminositeit) van de neutronenster?
- Veronderstel dat het oppervlak van deze neutronenster alle energie die ze opvangt ook terug uitzendt als straling. Wat is dan de temperatuur van deze ster?
- Welk type elektromagnetische straling zendt de neutronenster dan uit? (Toon aan met behulp van een berekening.)
- Met welke telescoop zou je deze neutronenster dan kunnen waarnemen?

Vraag 2.

Negeer voor het vervolg van deze vraag de massaoverdracht tussen beide sterren. De omlooptijd van de neutronenster rondom het massamiddelpunt bedraagt 36 dagen en de omloopsnelheid van de neutronenster rondom het gemeenschappelijk massamiddelpunt bedraagt 153 km/s.

- Hoe ver staat de neutronenster van het gemeenschappelijk massamiddelpunt. (Ga ervan uit dat de neutronenster zich op een cirkelvormige baan bevindt.)
- Wat is de massa van de hoofdreeksster?
- Hoe ver staat de hoofdreeksster van het massamiddelpunt van het systeem?
- Met welke snelheid beweegt de hoofdreeksster zich rondom het gemeenschappelijk massamiddelpunt?
- Maak een schatting voor de temperatuur van deze hoofdreeksster.
- Hoe zal de overdracht van massa van de hoofdreeksster naar de neutronenster de positie van het massamiddelpunt in dit systeem beïnvloeden in functie van de tijd?

Open vragenreeks V: sterrenstelsels

Het interstellair medium is de open ruimte tussen de sterren waar zich een rijke mengeling van gas en stofdeeltjes bevindt. Het gas bestaat voornamelijk uit waterstof en helium, en dient als de reservebrandstof voor het maken van nieuwe sterren.

Waterstof in atomaire vorm kan worden gedetecteerd via de 21 cm straling afkomstig van de hyperfijntransitie van het waterstofatoom. Wanneer de flux F_{21cm} en de afstand D tot een sterrenstelsel gekend zijn, kan de hoeveelheid atomaire waterstof (HI) bepaald worden via de formule:

$$\frac{M_{HI}}{M_{\odot}} = 2,53 \times 10^5 \cdot D^2 \cdot F_{21cm}$$

waarbij M_{\odot} de massa van de Zon voorstelt, D uitgedrukt wordt in megaparsec en F_{21cm} in jansky per km/s.

De hoeveelheid moleculair waterstof is veel moeilijker te bepalen want de H_2 moleculen laten zich niet gemakkelijk observeren in het koude interstellair medium. Een goede vuistregel is echter dat er 100 maal meer moleculair gas is dan interstellair stof.

Vraag 1.

- Uit welke chemische elementen bestaan deze interstellaire stofdeeltjes voornamelijk?
- Bespreek de eerste stap in het stervormingsproces, namelijk hoe atomaire waterstof wordt geconverteerd in moleculair waterstof in het interstellair medium.

Vraag 2.

- Voor een sterrenstelsel wordt uit de 21 cm lijn een roodverschuiving van 0,034 gemeten, en een flux van 1,8 Jy/km/s. Bereken de massa atomaire waterstof in dit systeem.
- Uit ver-infrarood waarnemingen wordt de totale stofmassa in dit sterrenstelsel op $5,1 \cdot 10^{37}$ kg geraamd. Wat is de totale hoeveelheid brandstof (zowel in moleculaire als atomaire vorm) die dit systeem nog heeft om sterren te vormen?

Vraag 3.

- De verhouding tussen totale gasmassa en stervormingsgraad (in zonsmassa's per jaar) wordt ook wel de uitputtingstijd genoemd. Dit getal geeft weer hoe lang het duurt, aan het huidige stervormingstempo, om al het gas op te gebruiken. Gemiddeld genomen is de uitputtingstijd voor lokale sterrenstelsels ongeveer 2 miljard jaar. Schat hieruit de stervormingsgraad.
- Veronderstel nu dat het sterrenstelsel sinds zijn geboorte 12 miljard jaar geleden aan hetzelfde constante tempo nieuwe sterren vormde. Hoeveel waterstofgas was er dan minstens aanwezig bij de geboorte van dit sterrenstelsel?



Dit is het einde van de eerste ronde van
de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2018.
Kijk na bij je inzending of je alle gevonden oplossingen hebt ingezonden.

Heel veel succes!