

Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2014

30 januari 2014

Welkom bij de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2014! Zoals uitgelegd op de website mag je deze Olympiade thuis oplossen, met al het opzoekwerk 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 3 mei 2014. De winnaar mag gaan waarnemen met de Mercatorttelescoop op La Palma (Canarische Eilanden), inclusief reis en verblijf.

Het is de bedoeling dat je de onderstaande vragen oplost en naar ons stuurt, uiterlijk op **30 maart 2014** op het adres:

Vlaamse Sterrenkunde Olympiade
Vereniging Voor Sterrenkunde
Oostmeers 122c
8000 Brugge

Elektronisch insturen kan ook, naar *deelname@sterrenkundeolympiade.be*.

Let hierbij op de volgende aandachtspunten:

- 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, 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.

- 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 keer 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 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 2014: Annelies Cloet-Osselaer (UGent), Jelle Dhaene (UGent), Ward Homan (KULeuven), Nicki Mennekens (VUB), Toine Mercier (JVS) en Frank Tamsin (VVS).

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



Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2014

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. De sterrenhemel zoals we die kunnen waarnemen op 14 februari om 18 h ziet er ongeveer hetzelfde uit als wat we zien om middernacht

- a) op 14 februari;
- b) op 15 mei;
- c) op 20 augustus;
- d) op 4 oktober;
- e) op 18 november.

2. Beschouw de volgende definities:

- Een centrale eclips is een eclips waarbij het middelpunt van de maanschijf exact over het middelpunt van de zonnescijf heen beweegt.
- Een eclips wordt totaal genoemd als de Zon vanop minstens één plaats op Aarde volledig door de Maan bedekt wordt.
- Een eclips wordt gedeeltelijk genoemd als ze vanop geen enkele plaats op Aarde als totaal of ringvormig kan gezien worden.

Welk van volgende uitspraken is dan correct:

- a) Alle centrale eclipsen zijn totaal.
- b) Alle totale eclipsen zijn centraal.
- c) Alle gedeeltelijke eclipsen zijn niet centraal.
- d) Alle niet centrale eclipsen zijn gedeeltelijk.

3. Hieronder staan vier uitspraken over telescopen:

- (I) Als een telescoop een grotere diameter heeft, dan neemt het lichtverzamelend vermogen toe.
- (II) Als een telescoop een grotere diameter heeft, dan neemt het scheidend vermogen toe.
- (III) Als een telescoop een grotere diameter heeft, dan kan er meer mee vergroot worden.
- (IV) Als een telescoop een grotere diameter heeft, dan is dat nadelig voor de chromatische aberratie.

Welke uitspraken zijn waar?

- a) (I), (II), (III) en (IV);
- b) (I), (II) en (III);
- c) (I), (II) en (IV);
- d) (III) en (IV);
- e) (I) en (II).

4. Bepaal de ware zonnetijd in Brussel op 1 maart om 12^h GMT.

- a) 12^h
- b) 13^h7,3^m
- c) 12^h57,5^m
- d) 12^h23,7^m
- e) 12^h5,3^m

5. Titan (een maantje van Saturnus) is in staat om een atmosfeer te behouden, ondanks het feit dat Titan slechts een klein beetje groter is dan Mercurius. Dit komt doordat

- a) Titan zich dicht bij Saturnus bevindt;
- b) Titan een erg grote dichtheid heeft;
- c) Titan zich ver van Saturnus bevindt;
- d) Titan zich ver van de Zon bevindt;
- e) drie van bovenstaande redenen een rol spelen.

6. De Kirkwood leemten zijn het gevolg van

- a) de stralingsdruk van de Zon;
- b) een vroegere passage van een komeet doorheen de planetoïdengordel;
- c) de zwaartekracht ten gevolge van de grootste manen van Jupiter;
- d) de zwaartekracht van Jupiter;
- e) vroegere explosies van planetoïden op een aantal plaatsen in de planetoïdengordel.

7. Het maantje Ariel van Uranus heeft een erg helder oppervlak dat groeven bevat die tot 10 km diep zijn. Hieruit kan afgeleid worden

- a) dat Ariel een tamelijk oud oppervlak heeft;
- b) dat Ariel een tamelijk jong oppervlak heeft;
- c) dat Ariel een dunne atmosfeer heeft;
- d) dat Ariel zich behoorlijk ver van haar moederplaneet (Uranus) bevindt;
- e) dat zowel a als d gelden.

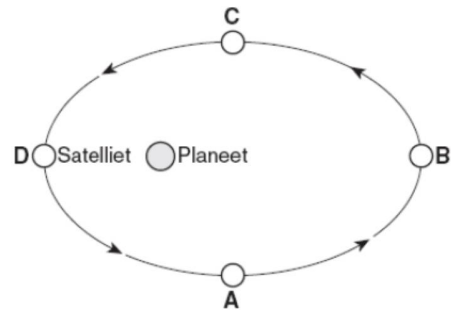
8. In de nevel waaruit de Zon is ontstaan, heeft condensatie waarschijnlijk geleid tot de vorming van

- a) ijskorrels buiten de huidige baan van Jupiter;
- b) metaalkorrels in de omgeving van de huidige baan van Mercurius;
- c) silicaatkorrels in de omgeving van de huidige baan van de Aarde;
- d) elk van bovenstaande;
- e) geen enkele van bovenstaande.

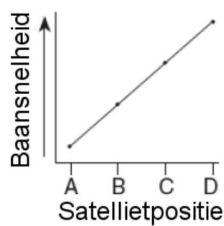
9. Welk van volgende uitspraken over de Trojanen is niet correct?

- a) Trojanen bevinden zich niet alleen in de Lagrangepunten L4 en L5 van Jupiter, maar bewegen er in langgerekte banen omheen, in baanvlakken waarvan de inclinatie tot 40° kan oplopen.
- b) Over het algemeen hebben Trojanen een heel donker oppervlak, dat slechts vier tot tien procent van het zonlicht terugkaatst.
- c) Het spectrum van Trojanen vertoont heel weinig details en lijkt deels op dat van planetoïden en de allerbuitenste satellieten van Jupiter en deels op dat van komeetkernen.
- d) Er zijn duidelijke tekenen van de aanwezigheid van water en organische verbindingen aan het oppervlak van de Trojanen.
- e) Het aantal Trojanen met een diameter van een kilometer of meer wordt in de grootte-orde van een miljoen geraamd.

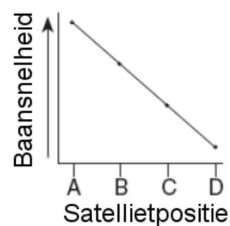
10. De figuur rechts geeft schematisch de beweging weer van een maantje op een elliptische baan rond een planeet. Op de baan zijn vier punten aangegeven (A, B, C en D). Welk van onderstaande grafieken geeft het best weer hoe de baansnelheid van de satelliet rond de planeet verloopt?



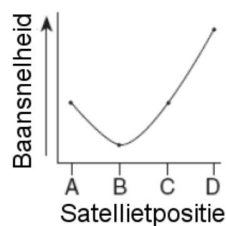
- a) (1)
- b) (2)
- c) (3)
- d) (4)



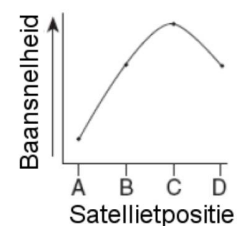
(1)



(2)

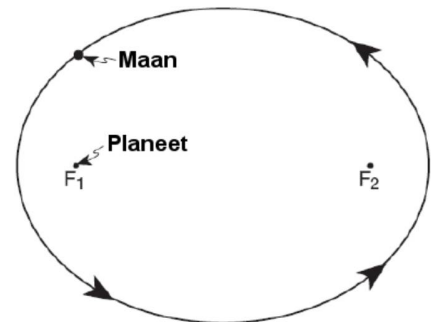


(3)



(4)

11. De figuur rechts geeft schematisch de beweging weer van een maantje op een elliptische baan rond een planeet. De brandpunten van de ellips zijn aangeduid met F_1 en F_2 . Wat is ongeveer de excentriciteit van deze elliptische baan?



- a) 0,3
- b) 0,5
- c) 0,7
- d) 1,0
- e) 1,4

12. Een stersysteem bestaande uit 3 componenten heeft een totale visuele magnitude die gelijk is aan 0. Twee van de componenten hebben een magnitude van 1,0 en 2,0. Wat is de magnitude van de derde component?

- a) 3
- b) -3
- c) 1
- d) -1
- e) 1,5

13. De Algol paradox kan verklaard worden door

- a) de gedegenererde toestand van het waterstof op het oppervlak van een witte dwerg;
- b) synchrotronstraling;
- c) de expansiesnelheid van de schokgolf in een supernova;
- d) de rotatiesnelheid van een neutronenster;
- e) massa-overdracht tussen twee sterren in een dubbelstersysteem.

14. Welke van de volgende beweringen over populatie II sterren in ons Melkwegstelsel is niet correct?

- a) Populatie II sterren zijn de oudste sterren in ons Melkwegstelsel.
- b) Populatie II sterren beschrijven excentrische omloopbanen.
- c) Populatie II sterren worden gevonden in de bolvormige kernzone van het Melkwegstelsel.
- d) Populatie II sterren worden gevonden in de halo van het Melkwegstelsel.
- e) Populatie II sterren worden gevormd in de schijf van het Melkwegstelsel.

15. Je detecteert een planeet rondom een andere ster door deze te observeren als ze voor de verafgelegen ster komt. Veronderstel dat de diameter van de ster 10 keer groter is dan die van de planeet. Welk van volgende beweringen is dan correct?

- a) We nemen een zwarte vlek waar die passeert vóór de ster.
- b) Het licht van de ster wordt gereduceerd met ongeveer 10%.
- c) Het licht van de ster wordt gereduceerd met ongeveer 1%.
- d) Zowel a als b zijn waar.
- e) Zowel a als c zijn waar.

16. Welke sterrenhoop is de oudste?

- a) Een sterrenhoop waarvan de helderste hoofdreekssterren wit zijn.
- b) Een sterrenhoop waarvan de helderste sterren rood zijn.
- c) Een sterrenhoop met sterren in alle kleuren.
- d) Op basis van de kleur van de sterren valt niets af te leiden omtrent de leeftijd van een sterrenhoop.

17. Welke detectiemethode voor exoplaneten kan gebruikt worden met behulp van een amateurtelescoop met een ccd-camera erop bevestigd?

- a) radialesnelheidsmethode;
- b) transitmethode;
- c) astrometrie;
- d) directe waarneming;
- e) geen enkele, want amateurtelescopen zijn hiervoor hoe dan ook nooit toereikend.

18. De rode superreus Betelgeuse heeft een lichtkracht die 120000 keer groter is dan de lichtkracht van de Zon. Veronderstel dat Betelgeuse enkel energie uitzendt in het rode deel van het elektromagnetisch spectrum met een golflengte van 700 nm, hoeveel fotonen zendt deze ster dan uit per seconde?

- a) ongeveer 10^{35}
- b) ongeveer 10^{40}
- c) ongeveer 10^{45}
- d) ongeveer 10^{50}
- e) ongeveer 10^{55}

19. Welke uitspraak over bolvormige sterrenhopen is niet correct?

- a) Een bolvormige sterrenhoop is een verzameling van 10^5 tot 10^6 sterren.
- b) Er zijn ongeveer honderd bolvormige sterrenhopen die een baan rond ons Melkwegstelsel beschrijven.
- c) Heel wat bolvormige sterrenhopen hebben leeftijden van meer dan 10 miljard jaar.
- d) Bolvormige sterrenhopen hebben doorgaans een zeer laag gehalte aan zware elementen.
- e) Bolvormige sterrenhopen zijn meestal in de spiraalarmen van een sterrenstelsel te vinden.

20. Een pulserende ster bevindt zich in een dubbelster op een cirkelvormige baan. Ze beweegt aan een snelheid van 50 km/s. Een astronoom neemt de pulsaties van de ster waar met zijn telescoop. Hij is verbaasd wanneer hij merkt dat de frequentie van de pulsaties lichtjes verschilt afhankelijk van het punt op haar baan waarop de ster zich bevindt. Welke van volgende beweringen klopt?

- a) De waarnemingen wijzen er op dat de frequenties waarop de ster pulseert veranderen.
- b) De pulsatiefrequenties van de ster zijn wel constant, maar de pulsatieperiode lijkt korter wanneer de ster van de aarde wegbeweegt.
- c) Het effect treedt op omdat de lichtsnelheid eindig is.
- d) De waarnemingen van de astronoom kunnen niet kloppen, hij heeft een fout gemaakt.

21. Ijzer (Fe) is de zwaarste stabiele atoomkern die door kernfusie kan worden gesynthetiseerd. Er bestaan in de wereld rondom ons echter zwaardere elementen dan ijzer. Welk soort proces kan zulke zwaardere kernen creëren?

- a) neutronenvangst;
- b) elektrozwakke wisselwerking;
- c) elektronenvangst;
- d) kernsplitsing;
- e) geen van de vermelde processen.

22. Welke van de volgende zaken hoort niet bij de beschrijving van een ster op de zogenaamde asymptotische reuzentak van het Hertzsprung-Russell-diagram?

- a) het s-proces;
- b) de derde dredge-up;
- c) de heliumflits;
- d) thermische pulsen;
- e) alle genoemde zaken hebben wel degelijk betrekking op de asymptotische reuzentak.

23. De afstand van sterrenstelsel A is drie keer groter dan die van sterrenstelsel B. Welk van volgende uitspraken is dan correct?

- a) De verwijderingssnelheid van stelsel A bedraagt $1/9$ van die van stelsel B.
- b) De verwijderingssnelheid van stelsel A bedraagt $1/3$ van die van stelsel B.
- c) De verwijderingssnelheid van stelsel A en van stelsel B zijn dezelfde.
- d) De verwijderingssnelheid van stelsel A is 3 keer groter dan die van stelsel B.
- e) De verwijderingssnelheid van stelsel A is 9 keer groter dan die van stelsel B.

24. Welk van volgende uitspraken is het meest kenmerkend voor dwergsterrenstelsels?

- a) Dwergsterrenstelsels hebben schijven en een bolvormige kernzone en zijn omgeven door een sferische halo van oude sterren.
- b) Dwergsterrenstelsels vertonen een zeer chaotische structuur, vrijwel zonder symmetrie.
- c) Dwergsterrenstelsels hebben vaak radiojets die vanuit hun kern ontspringen en gericht zijn langs hun kleine assen.
- d) Dwergsterrenstelsels worden beschouwd als de overblijfselen van de oorspronkelijke bouwstenen van alle sterrenstelsels.
- e) Dwergsterrenstelsels zijn grote sferoïdale sterrenstelsels, typisch zonder duidelijke structuur.

25. De kosmische achtergrondstraling wordt tegenwoordig waargenomen als straling van een zwart lichaam op een temperatuur van 3 K, hoewel de temperatuur in het verleden heel wat hoger moet geweest zijn. We nemen de piek in de emissie nu waar in het gebied van de microgolven. Wat zouden we in het verleden gemeten hebben?

- a) Niets, want de fotonen zouden ons nog niet bereikt hebben.
- b) Een zwart lichaam met veel meer energie, met een piek op kortere golflengten.
- c) Een zwart lichaam met veel meer energie, met een piek op langere golflengten.
- d) Eveneens een spectrum in het gebied van de microgolven, maar het zou er niet uitgezien hebben als zwarte straling.
- e) Veel zwakkere straling van een zwart lichaam, met een piek op langere golflengten.

26. Welk van volgende uitspraken over botsende sterrenstelsels is niet correct?

- a) Door het vele gas dat zich in galaxieën bevindt, geeft de botsing van twee sterrenstelsels aanleiding tot een sterke toename in de stervorming.
- b) Bij de botsing van sterrenstelsels is het onvermijdelijk dat ook de sterren zelf met elkaar in botsing komen, waardoor zwaardere sterren ontstaan.
- c) Over twee tot drie miljard jaar zal ons Melkwegstelsel in botsing komen met de Magellaanse wolken.
- d) Als gevolg van de botsing tussen ons Melkwegstelsel en het Andromedastelsel zullen hun beider centrale zwarte gaten uiteindelijk versmelten.
- e) Door de versnelde uitdijing van het heelal zullen botsingen tussen sterrenstelsels in de toekomst veel minder vaak voorkomen dan thans het geval is.

27. De beste techniek om rechtstreeks de afstand te bepalen tot de verst verwijderde sterrenstelsels is gebaseerd op:

- a) de Tully-Fisher relatie;
- b) type Ia supernovae;
- c) de wet van Hubble;
- d) het meten van parallaxen;
- e) de periode-lichtkrachtrelatie.

28. Wat zou een waarnemer die zich op 3 miljard lichtjaar van ons bevindt en in onze richting kijkt, kunnen vaststellen?

- a) De meeste sterrenstelsels lijken naar die waarnemer toe te komen;
- b) Deze waarnemer stelt dezelfde wet van Hubble vast als wij.
- c) Deze waarnemer ziet ongeveer evenveel roodverschoven als blauwverschoven sterrenstelsels.
- d) Deze waarnemer ziet alle sterrenstelsels uit elkaar bewegen vanaf een punt in de omgeving van ons Melkwegstelsel.

29. Een galaxiecluster heeft een straal van 6,2 miljoen lichtjaar en metingen van de dopplerverschuiving tonen aan dat de galaxieën rond het centrum van de cluster draaien met een snelheid van 1350 km/s. Wat is de massa van deze cluster?

- a) $1,6 \cdot 10^{15} M_{\text{zonn}}$
- b) $8,0 \cdot 10^{14} M_{\text{zonn}}$
- c) $8,0 \cdot 10^5 M_{\text{zonn}}$
- d) $5,4 \cdot 10^3 M_{\text{zonn}}$
- e) Geen van bovenstaande.

30. De kosmische achtergrondstraling (CMB) vertoont zeer kleine, maar weliswaar duidelijk meetbare inhomogeniteiten in zijn temperatuursverdeling. De hoekmaat (lees: grootte) van deze vlekjes vertelt ons iets over:

- a) de temperatuur van de oerknal;
- b) de kromming van de ruimte-tijd;
- c) de vertraging van de expansie van de ruimte-tijd;
- d) de beweging van de Aarde doorheen het CMB;
- e) elk van de hiervoor vermelde zaken.

Open vragenreeks I: zonnestelsel

Vraag 1.

Op 28 november 2013 is komeet C/2012 S1 ISON het perihelium van haar baan rond de Zon gepasseerd. Dat gebeurde op een afstand van slechts 0,012444 astronomische eenheden van de Zon. De komeet volgde een sterk excentrische baan rond de Zon, met een excentriciteit van 0,999998. Enkele dagen later bleek dat van de komeet na haar doortocht bij de Zon vrijwel niets meer is overgebleven.

- a) Wat was (op basis van bovenstaande gegevens) de lengte van de halve lange as van de baan van komeet ISON?
- b) Wat was de periode van deze komeet?
- c) Hoever had de komeet (nog steeds op basis van bovenstaande gegevens) zich maximaal van de Zon kunnen verwijderen?
- d) Wat kunnen we uit voorgaande besluiten omtrent de oorsprong van komeet ISON?
- e) Hoeveel vierkante astronomische eenheden per jaar werden bestreken door de verbindingslijn tussen komeet ISON en de Zon?

Vraag 2.

Als de Aarde tussen een planeet en de Zon staat, spreekt men van oppositie. Het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende opposities van een bepaalde planeet bedraagt 398,9 dagen (wat men de synodische periode noemt). De hoekdiameter van deze planeet bij een bepaalde oppositie bedraagt $47,2''$.

- a) Leid op basis van deze informatie de omlooperperiode van deze planeet rond de Zon af (wat men de siderische periode noemt).
- b) Wat is (op basis van bovenstaande gegevens) de lengte van de halve lange as van de baan van deze planeet?
- c) Hoe groot is de ware diameter (in kilometer) van deze planeet?
- d) Om welke planeet gaat het hier?

Open vragenreeks II: dubbelsterren

Vraag 1.

Beschouw een visuele dubbelster bestaande uit twee componenten A en B die bewegen in cirkelvormige banen, zodanig dat wij bovenop het baanvlak kijken. De trigonometrische parallax van het systeem bedraagt 0,4 boogseconden en de omlooperperiode bedraagt 50 jaar. Ster B bevindt twee keer zo ver van het massacentrum als ster A. Verder meten we een scheiding van 8 boogseconden tussen beide componenten.

- Bepaal de afstand van het dubbelstersysteem (in parsec).
- Bepaal de stralen van de banen van de sterren A en B (in astronomische eenheden).
- Bepaal de individuele massa's van de twee sterren A en B.
- De schijnbare magnitude van ster A is $-1,6$ en die van ster B is $5,8$. Bepaal de lichtkracht van elk van de sterren A en B (uitgedrukt in zonslichtkrachten). Er is bekend dat de absolute magnitude van de Zon $4,8$ is.
- De oppervlaktetemperatuur van ster A bedraagt 9000 K. Schat de straal van deze ster (uitgedrukt in zonsstralen). Er is bekend dat de oppervlaktetemperatuur van de Zon 5800 K is.
- Op welke golflengte is de straling van ster A maximaal?
- Bepaal de oppervlaktetemperatuur van ster B.

Vraag 2.

De figuur rechts (niet op schaal) toont de lichtkromme van een eclipserende dubbelster met een periode van 30 dagen.

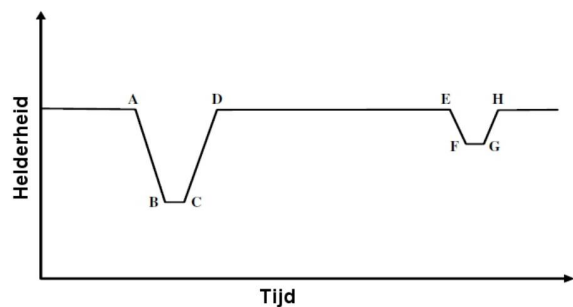
Op deze grafiek komt het stuk tussen A en D overeen met de passage van de secundaire ster over de primaire ster en dit gedeelte duurt 8 uur. Het stuk tussen B en C (totale eclips) duurt 1 uur en 18 minuten.

Spectraalanalyse wijst uit dat de maximale radiële snelheid van de primaire ster 30 km/s

bedraagt, terwijl de maximale radiële snelheid van de secundaire ster 40 km/s bedraagt.

We gaan uit van cirkelvormige banen met een inclinatie van 90° (wat wil zeggen dat wij dwars op het baanvlak kijken en dus de ene ster centraal voor de andere ster zien bewegen).

- Bepaal de stralen van de beide sterren uit dit dubbelstersysteem.
- Bepaal de massa's van de beide sterren uit dit dubbelstersysteem.



Vraag 3.

Het dubbelstersysteem α Centauri heeft een parallax van $0,75''$. De periode van het systeem bedraagt 79 jaar en de waargenomen halve grote as strekt zich uit over $17,6''$. De minimale scheiding tussen de beide componenten van het dubbelstersysteem bedraagt $4,2''$.

- Bereken de totale massa van het dubbelstersysteem α Centauri.
- Wat zijn de limieten voor de massa's van de twee componenten afzonderlijk?

Open vragenreeks III: Melkwegstelsel

Vraag 1.

De Zon draait met een snelheid van 220 km/s rond het galactisch centrum van ons Melkwegstelsel en bevindt zich op een afstand van ongeveer 25000 lichtjaar van het galactisch centrum.

- Stel dat je je buiten het Melkwegstelsel bevindt en je ons Melkwegstelsel 'edge-on' waarneemt door een telescoop (wat betekent de waarnemer zich in het vlak van het Melkwegstelsel bevindt, en dus als het ware de 'zijkant' ziet). Wat zou dan de waargenomen golflengte zijn van de dopplerverschoven HI-spectraallijn op de positie van de Zon? Je mag aannemen dat de Zon van jou wegbeweegt. De rustgolflengte van de HI-lijn bedraagt 21,12 cm.
- Bereken de omlooperperiode van de Zon rond het centrum van het Melkwegstelsel.
- Bereken hoeveel keer ons zonnestelsel ongeveer rond het centrum van het Melkwegstelsel draaide sinds het ontstaan van de Zon en de planeten.

Vraag 2.

- Hoeveel massa van ons sterrenstelsel bevindt zich binnen de baan van de Zon rond het galactisch centrum (uit te drukken in zonsmassa's)?
- Gas dat zich bevindt op 50000 lichtjaar van het centrum van het Melkwegstelsel heeft ook een baansnelheid van 220 km/s. Wat is de totale massa van het sterrenstelsel binnen een straal van 50000 lichtjaar van het galactisch centrum (uit te drukken in zonsmassa's).
- Stel dat sterrenkundigen bepalen dat binnen een straal van 50000 lichtjaar de massa van de sterren en het gas in totaal $2 \cdot 10^{10}$ zonsmassa's bedraagt. Wat is dan de totale massa donkere materie binnen een straal van 50000 lichtjaar in het Melkwegstelsel? Welke fractie van de totale massa is dan donkere materie?
- Stel dat er zich geen extra massa bevindt buiten de baan van de Zon rond het galactisch centrum, wat zou dan de omloopsnelheid zijn op een straal van 50000 lichtjaar?

Open vragenreeks IV: straling

Vraag 1.

- a) Leg bondig uit wat een zwarte straler is. In de sterrenkunde wordt het spectrum van een ster vaak benaderd door dat van een zwarte straler met eenzelfde temperatuur als de ster. Waarin zullen beide spectra in de praktijk van elkaar afwijken? (Zorg ervoor dat in je uitleg minstens de wetten aan bod komen die gebruikt worden bij het beantwoorden van de verdere luiken van deze vraag.)
- b) Bereken de totale emissie van een zwarte straler op de volgende temperaturen: 1 K, 300 K, 5000 K.
- c) Bepaal voor al deze zwarte stralers (1 K, 300 K, 5000 K) ook de golflengte waarop de spectrale emissie haar maximale waarde bereikt.
- d) Gebruik de zopas gevonden resultaten om te verklaren waarom bij directe waarnemingen van exoplaneten in het infrarood gekeken wordt.
- e) Bereken de oppervlaktetemperatuur T van de Zon als je er van kan uitgaan dat het een sferische zwarte straler is met een straal van $7 \cdot 10^8$ m. De intensiteit van de straling van de Zon aan het aardoppervlak is $1,4 \cdot 10^3 \text{ Wm}^{-2}$ en de afstand tussen de Zon en Aarde bedraagt $1,5 \cdot 10^{11}$ m. Gebruik de gevonden waarde voor de temperatuur om de golflengte te bepalen waarop de Zon het meeste straling uitzendt.

Vraag 2.

- a) In ons Melkwegstelsel bevinden zich veel gaswolken. Het meeste licht van objecten zal dus doorheen zo'n wolk gepasseerd zijn voordat het ons bereikt. In deze gaswolken kan er zowel absorptie als emissie van straling op een bepaalde golflengte gebeuren. Leg deze mechanismen uit en leg uit wat de oorsprong van deze mechanismen is. Leg zeker uit wat een spectrum is en hoe absorptie- en emissielijnen zich daarin kunnen uiten. Geef van beide een voorbeeld.
- b) Straling zal tegengehouden als het door een materiaal passert. Hoeveel er wordt tegengehouden of geabsorbeerd, wordt weergegeven door de wet van Lambert-Beer:

$$I_\nu = I_{\nu,0} e^{-\mu d}$$

waarbij $I_{\nu,0}$ de invallende intensiteit op het materiaal is bij een frequentie ν en I_ν de uitgaande intensiteit is nadat het licht door een laag (met dikte d) van het materiaal gereisd heeft. De parameter μ is de zogenaamde attenuatiecoëfficiënt en bepaalt hoeveel licht er doorheen het materiaal gaat. Gebruik deze formule om het concept van een optisch dikke en optische dunne gaswolk uit te leggen.

- c) Een optisch dunne bron waarop geen straling invalt, heeft een lijn in zijn spectrum. Is dit een emissie- of absorptielijn? Wat als de lijn optisch dun is en het continuüm optisch dik? En wat als het tegenovergestelde (lijn optisch dik en continuüm optisch dun) het geval is?
- d) Een sferisch symmetrische wolk van gas heeft een emissiviteit P_ν , wat de emissie per seconde per volume en per frequentieband voorstelt. De wolk is optisch dun en heeft een straal R , een temperatuur T en bevindt zich op een afstand D van de waarnemer.
 - Wat is de gemeten intensiteit op een straal parallel aan de gezichtslijn op een geprojecteerde afstand D van het centrale punt van de wolk.
 - Stel een formule op voor de effectieve temperatuur van de wolk.
 - Wat is de flux van deze wolk, waargenomen door de waarnemer?
 - Los bovenstaande vragen op voor een wolk die optisch dik is.

Open vragenreeks V: kernfusie

Vraag 1.

In de kern van de Zon wordt rustmassa (of rustenergie) omgezet in stralingsenergie via de fusie van vier waterstofkernen tot een heliumkern.

- Veronderstel dat de massa van een waterstofkern gelijk is aan 1,00794 amu (1 amu = 1 atomaire massa-eenheid) en de massa van een heliumkern gelijk is aan 4,002602 amu; hoeveel stralingsenergie komt er dan per reactie vrij (zowel uit te drukken in joule als in elektronvolt)?
- De lichtkracht van de Zon bedraagt ongeveer $3,9 \cdot 10^{26}$ watt. Hoeveel zulke reacties grijpen er dan plaats per seconde?
- Hoeveel massa wordt er dus in de kern van de Zon per seconde omgezet naar stralingsenergie?

Vraag 2.

De temperatuur in de kern van de Zon bedraagt ongeveer 15 miljoen kelvin. Het gas in de kern van de Zon is hoofdzakelijk waterstof, en kan worden beschouwd als een ideaal gas.

- Wat is dan de gemiddelde snelheid van de gasdeeltjes?
- De temperatuur in de kern van de Zon is zo hoog dat de waterstofdeeltjes er uiteraard geïoniseerd zijn. Dit betekent dat de elektronen en de protonen van de waterstofatomen niet meer samenhangen, maar onafhankelijk van elkaar bewegen. Wetende wat de temperatuur in de kern is, hoe dicht kunnen de protonen elkaar dan gemiddeld naderen?
- Vergelijk dit even met de grootte van een waterstofkern. Hoeveel waterstofkernen passen in deze opening?
- Er is dus blijkbaar nog een redelijk grote afstand tussen de waterstofkernen... Het is duidelijk dat de kinetische energie van de deeltjes niet groot genoeg is om de deeltjes dicht genoeg bij elkaar te kunnen krijgen zodanig dat er kernfusie kan optreden. We hebben een extra fenomeen nodig dat de protonen zal toelaten om fusie te ondergaan. Het fenomeen in kwestie komt voor in het vreemde rijk van de kleine deeltjes (de kwantumtheorie), en wordt het 'tunneleffect' genoemd ('quantum tunneling' in het Engels)! Zoek op wat dit effect inhoudt, en beschrijf in enkele zinnen wat jij denkt te verstaan onder 'tunneleffect'.

Dit is het einde van de eerste ronde van
de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2014.

Kijk na bij uw inzending of u alle gevonden oplossingen heeft ingezonden.

Heel veel succes!