

Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2015

29 januari 2015

Welkom bij de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2015! 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 2 mei 2015. De winnaar mag gaan waarnemen met de Mercatortelescoop op La Palma (Canarische Eilanden), inclusief reis en verblijf.

Het is de bedoeling dat je de onderstaande vragen oplost en aan ons bezorgt, uiterlijk op **29 maart 2015**. 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 niet aanbevolen), 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 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 2015: Annelies Cloet-Osselaer (UGent), Jelle Dhaene (UGent), Ward Homan (KULeuven), Nicki Mennekens (VUB) en Frank Tamsin (VVS).

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



Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2015

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. Welke uitspraak over de Noordpool, tijdens de zomerzonnwende is waar?
 - a) De Zon staat er stationair aan de hemel.
 - b) De Zon bereikt het zenit op de middag.
 - c) De Zon beschrijft een cirkel op een hoogte van $23,5^\circ$ boven de horizon.
 - d) Het is er donker.
 - e) Geen van bovenstaande.

2. Een waarnemer staat op de Grote Markt in Brussel en neemt een ster waar in het zenit. Op hetzelfde ogenblik zal een andere waarnemer die zich op dezelfde breedteligging bevindt, maar 20° meer naar het westen, diezelfde ster waarnemen
 - a) eveneens in het zenit;
 - b) ten noorden van het zenit;
 - c) ten zuiden van het zenit;
 - d) ten oosten van het zenit;
 - e) ten westen van het zenit.

3. In welk van volgende situaties is het mogelijk om de volle maan waar te nemen?
 - a) De Maan gaat onder omstreeks de middag.
 - b) De Maan komt op omstreeks de middag.
 - c) De Maan staat hoog aan de hemel bij de dageraad.
 - d) De Maan gaat onder omstreeks middernacht.
 - e) De Maan gaat onder wanneer de Zon opkomt.

4. De hemel op Aarde ziet er blauw uit omdat
 - a) blauw licht niet gemakkelijk geabsorbeerd wordt door de aardatmosfeer.
 - b) blauw licht door de oceanen gereflecteerd wordt in de atmosfeer.
 - c) blauw licht niet gemakkelijk verstrooid wordt door de aardatmosfeer.
 - d) luchtmoleculen blauw licht meer verstrooien dan de andere kleuren in het visueel licht.
 - e) het menselijk oog het meest gevoelig is voor blauw licht.

5. Op welke manier kunnen kraters ons iets leren over de leeftijden van planeetoppervlakken?
 - a) Inslagkraters geven aanleiding tot de productie van koolstof-14, waardoor leeftijdsbepaling op basis van radioactieve methoden mogelijk is.
 - b) Materiaal dat uitgestoten wordt bij het ontstaan van inslagkraters kan soms de Aarde bereiken, en daarvan kan dan de leeftijd bepaald worden.
 - c) De afmetingen van kraters worden kleiner op een voorspelbare wijze.
 - d) De kraterdichtheid neemt toe in de loop van de tijd, wat betekent dat oudere planeetoppervlakken meer kraters bevatten.
 - e) Elk van bovenstaande.

6. Veronderstel dat de Zon zou samentrekken en dat de massa ervan gelijk zou blijven, zodat de dichtheid zou toenemen. Wat zou er dan gebeuren met de baan van de Aarde rond de Zon?

- a) De aardbaan zou kleiner worden.
- b) De aardbaan zou groter worden.
- c) De Aarde zou niet meer gravitationeel gebonden zijn aan de Zon en zou dus het zonnestelsel verlaten.
- d) De Aarde zou op de Zon invallen.
- e) De aardbaan zou ongewijzigd blijven.

7. Waarom zijn de Joviaanse planeten over het algemeen groter dan de terrestrische planeten?

- a) Door de vorming van ijs meer naar buiten in het zonnestelsel konden de Joviaanse planeten sneller groeien dan de terrestrische planeten.
- b) In de nevel waaruit het zonnestelsel is ontstaan was er meer materiaal in de buitenste delen, waardoor daar grotere planeten konden ontstaan.
- c) De maantjes van de Joviaanse planeten hebben geholpen bij het stabiliseren van de rotatie van deze planeten, waardoor meer invallend materiaal werd afgeleid naar deze planeten.
- d) Twee van bovenstaande redenen.
- e) Alle bovenstaande redenen.

8. Iemand die op een weegschaal op Saturnus zou gaan staan, zou een gelijkaardig gewicht vaststellen als op Aarde. Wat is de reden hiervoor?

- a) Saturnus heeft ongeveer dezelfde massa als de Aarde, en gewicht hangt enkel af van de massa van de planeet.
- b) De grotere diameter van Saturnus zou normaal een groter gewicht veroorzaken, maar de ringen doen dit effect teniet.
- c) Saturnus heeft een veel grotere massa dan de Aarde, maar op het oppervlak van de planeet bevindt men zich verder van het centrum.
- d) Op alle planeten van het zonnestelsel zou men ongeveer hetzelfde gewicht meten, onafhankelijk van de grootte van de planeet.
- e) De grotere diameter van Saturnus zou normaal een groter gewicht veroorzaken, maar de grote planeet Jupiter compenseert dit effect.

9. De meeste zware elementen (waaronder we alle elementen zwaarder dan waterstof en helium verstaan) op Aarde zijn gevormd:

- a) door sterren die het einde van hun leven hebben bereikt vooraleer ons zonnestelsel is ontstaan.
- b) in chemische reacties die hebben plaatsgevonden in de primitieve oceanen en atmosfeer van de Aarde.
- c) in kernreacties in de Zon.
- d) in het hete, dichte, vroege heelal.
- e) ten gevolge van menselijke activiteiten na de industriële revolutie.

10. Waarom zijn astronauten in een baan rond de Aarde gewichtslös?

- a) Gebrek aan wrijving zorgt voor behoud van potentiële energie.
- b) De centrifugale kracht heft de zwaartkracht op.
- c) De motoren van hun ruimtetuig werken de zwaartekracht van de Aarde tegen.
- d) Er is daar geen zwaartekracht.
- e) Ze bevinden zich in vrije val naar de Aarde met een tangentiële snelheid.

11. Een dag op Mercurius duurt dubbel zo lang als een jaar op Mercurius. Dit merkwaardige feit

- a) betekent dat de rotatieperiode (beweging rond de as) van Mercurius langer moet zijn dan de revolutieperiode (beweging rond de Zon).
- b) is het resultaat van getijdenwerking tussen Mercurius en zijn manen.
- c) is een gevolg van het sterk magnetisch veld van Mercurius.
- d) is te wijten aan het feit dat de rotatieperiode van Mercurius $2/3$ is van zijn revolutieperiode.
- e) vindt zijn verklaring in relativistische correcties op de gravitatie theorie van Newton.

12. Welke van volgende uitspraken over de manen van Mars is waar?

- a) De manen van Mars bestaan hoofdzakelijk uit ijzer en nikkel.
- b) De manen van Mars bestaan hoofdzakelijk uit bevroren water (ijs) en koolstofdioxide.
- c) De manen van Mars zijn niet bolvormig omdat ze klein zijn en hun gravitatie daardoor niet sterk genoeg is om ze bolvormig te maken.
- d) De manen van Mars bewegen in een retrograde baan rond Mars.
- e) De manen van Mars zijn gevormd uit materiaal dat is uitgeworpen door vulkanen op Mars.

13. Er wordt een exoplaneet ontdekt met een massa die 40 keer groter is dan die van onze Aarde en die een baan rond haar centrale ster beschrijft met een straal ongeveer 25 astronomische eenheden. Over deze exoplaneet doen we vier uitspraken:

- (I) De exoplaneet heeft een vermoedelijke dichtheid in de orde van 5 gram/cm^3 .
- (II) De exoplaneet heeft een straal die vermoedelijk 5 tot 10 keer groter is dan de straal van de Aarde.
- (III) De exoplaneet heeft vermoedelijk meerdere maantjes.
- (IV) De exoplaneet bestaat vermoedelijk voor een aanzienlijk deel uit waterstof en helium.

Welke van bovenstaande uitspraken mogen aanzien worden als redelijke veronderstellingen over de beschouwde exoplaneet?

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

14. Over enkele miljarden jaren zal de bewoonbare zone van het zonnestelsel de Aarde niet meer bevatten, maar wel

- a) Mars.
- b) Mercurius.
- c) Venus.
- d) de Maan.
- e) de objecten in de Oortwolk.

15. Welke zou de diameter moeten zijn van een telescoop met één enkele hoofdspiegel, die evenveel licht zou verzamelen als zes telescopen met elk een hoofdspiegel van 4 meter diameter samen?

- a) 24 meter
- b) 16 meter
- c) 4,9 meter
- d) 9,8 meter
- e) 64 meter

16. Een ster heeft een lichtkracht die 44000 keer groter is dan die van onze Zon en een oppervlaktetemperatuur die 20000 K bedraagt (dus ongeveer 3,5 keer groter is dan bij de Zon). Wat is de straal die je bij zo'n ster zou verwachten?

- a) 17 keer groter dan de straal van de Zon;
- b) 3,5 keer kleiner dan de straal van de Zon;
- c) 2200 keer groter dan de straal van de Zon;
- d) 3,5 keer groter dan de straal van de Zon;
- e) 9,3 keer groter dan de straal van de Zon.

17. Een astronoom meet het licht van twee objecten A en B en leidt hieruit af dat beide objecten zich als zwarte lichamen gedragen. Voor object A bevindt de piek van de waargenomen emissie zich op golflengte 1000 nm, terwijl dit voor object B op golflengte 200 nm is. Wat is de verhouding van hun effectieve temperaturen T_A en T_B ?

- a) $T_A / T_B = 5$
- b) $T_A / T_B = 1/5$
- c) $T_A / T_B = 25$
- d) $T_A / T_B = 1/25$
- e) $T_A / T_B = 1/625$

18. Welk enig evolutionair stadium kan volgen na de witte dwerg?

- a) Geen.
- b) Neutronenster.
- c) Bruine dwerg.
- d) Type Ia supernova.
- e) Planetaire nevel.

19. Welke van volgende stellingen is correct?

- a) Er bestaan geen groene sterren.
- b) Het noorderlicht wordt veroorzaakt door de botsing tussen het magnetische veld van de Zon en dat van de Aarde.
- c) Sterren met een massa kleiner dan 9 zonsmassa's kunnen geen elementen zwaarder dan ijzer synthetiseren.
- d) Theoretisch gezien kunnen sterren oneindig groot worden.
- e) Hoe verder men kijkt, hoe verder men terugkijkt in de tijd. Men kan dus, met een telescoop die sterk genoeg is, terugkijken tot aan de big bang.

20. De Zon heeft een lichtkracht van ongeveer $3,9 \cdot 10^{26}$ watt. Vergelijk het aandeel hiervan dat op de Aarde terecht komt met het gemiddelde verbruik van alle menselijke activiteit in 2008.

- a) De hoeveelheid zonne-energie is ongeveer gelijkaardig.
- b) De hoeveelheid zonne-energie is ongeveer 100 keer zo groot.
- c) De hoeveelheid zonne-energie is ongeveer 1000 keer zo groot.
- d) De hoeveelheid zonne-energie is ongeveer 10000 keer zo groot.
- e) De hoeveelheid zonne-energie is ongeveer 100000 keer zo groot.

21. Met behulp van een spectrograaf nemen we een gloeilamp waar die schijnt doorheen een koel gas dat zich tussen de waarnemer en de lamp bevindt. Wat zullen we dan waarnemen?

- a) een continu spectrum met absorptielijnen;
- b) een continu spectrum met zowel donkere absorptielijnen als heldere emissielijnen;
- c) een spectrum met louter emissielijnen;
- d) een continu spectrum met daarbovenop heldere emissielijnen;
- e) een continu spectrum.

22. Ster A is een M-type hoofdreeksster en ster B is een B-type hoofdreeksster. Welk van volgende uitspraken is dan correct?

- a) Ster B is minder lichtkrachtig dan ster A.
- b) Ster B heeft een lagere oppervlaktetemperatuur dan ster A.
- c) Ster B brengt minder tijd door op de hoofdreeks dan ster A.
- d) Ster B is roder dan ster A.
- e) Geen van bovenstaande uitspraken is correct.

23. Onderstaande processen komen allemaal voor bij de levensloop van zware sterren ($M > 8 M_{\odot}$, waarbij M_{\odot} staat voor de massa van de Zon). Welk van deze processen treft men eveneens aan in het levensverloop van sommige lichte sterren ($1 M_{\odot} \leq M \leq 8 M_{\odot}$)?

- a) het r-proces;
- b) koolstofverbranding;
- c) post-hoofdreeks sterrenwind;
- d) supernova;
- e) elk van de genoemde processen kan ook bij lichte sterren voorkomen.

24. Het Andromedastelsel bevindt zich op een afstand van 700000 parsec. De VLBI radio-interferometer heeft een hoekresolutie van 0,001 boogseconden. Wat is de grootte van de kenmerken die men met de VLBI typisch nog zal kunnen waarnemen in het Andromedastelsel?

- a) 0,2 parsec;
- b) 0,06 parsec;
- c) 0,003 parsec;
- d) 700 parsec;
- e) 0,5 parsec.

25. Hierna volgen enkele combinaties van informatie over de Zon en haar baan in het Melkwegstelsel. Op basis van welke combinatie kan bepaald worden hoeveel massa zich bevindt binnen de baan van de Zon rond het centrum van de Melkweg?

- a) De afstand van de Zon tot het Melkwegcentrum en haar baanperiode.
- b) De massa van de Zon en haar baansnelheid.
- c) De afstand van de Zon tot het Melkwegcentrum en de leeftijd van de Zon.
- d) De massa van de Zon en de leeftijd van de Zon.
- e) De massa van de Zon en haar afstand tot het centrum van het Melkwegstelsel.

26. Welk van onderstaande uitspraken over dopplerverschuivingen is waar?

- a) De dopplerverschuiving wijzigt de golflengte van de $H\alpha$ -lijn alleen.
- b) Iedereen die eenzelfde bewegend object waarneemt, zal eenzelfde dopplerverschuiving meten (op de meetfouten na), onafhankelijk van waar de waarneming gebeurt.
- c) Een dopplerverschuiving kan herkend worden doordat een bekend patroon van spectrale fenomenen op de 'verkeerde' golflengten lijkt voor te komen.
- d) Bewegende objecten vertonen steeds dopplerverschuivingen naar de roedere golflengten toe.
- e) Aangezien alles in de ruimte beweegt, mogen we een dopplerverschuiving verwachten bij elk astronomisch object.

27. Welk van volgende gebeurtenissen kan niet de oorzaak zijn van een roodverschoven spectrum?

- a) Licht dat wordt uitgezonden in de nabijheid van een massarijk object.
- b) De expansie van het heelal.
- c) Licht dat passeert doorheen een stofwolk.
- d) Licht dat wordt uitgezonden door een object dat zich van ons weg beweegt.
- e) Alle bovenstaande gebeurtenissen kunnen wel degelijk een roodverschoven spectrum veroorzaken.

28. Quasars bevinden zich steeds op grote afstanden. Waarom treffen we geen nabije quasars aan?

- a) In het recente verleden bestaan er geen quasars.
- b) Quasars vermijden spiraalstelsels.
- c) Quasars komen enkel voor in clusters van sterrenstelsels.
- d) Wanneer quasars zich dicht bij ons bevinden, zien ze er net uit als pulsars.
- e) Het klopt niet: er worden wel degelijk ook nabije quasars waargenomen.

29. Welk van volgende zaken is kenmerkend voor koude donkere materie ('cold dark matter')?
- De grootste structuren (zoals clusters) vormen zich vooraleer de kleinere objecten (zoals dwergstelsels) worden gevormd.
 - Koude objecten (zoals moleculaire wolken) komen veel meer voor dan hetere objecten (zoals HII gebieden).
 - Grootschalige structuren met enerzijds grote leegtes en anderzijds dichte muren en filamenten.
 - Kleinschalige structuren in de spiraalarmen van sterrenstelsels.
 - Geen van bovenstaande.
30. Een waarnemer bevindt zich op een afstand van 3 miljard lichtjaar van ons vandaan. Wat zou hij/zij dan kunnen zien als hij/zij onze richting uitkijkt?
- De meeste sterrenstelsels komen naar hem of haar toe.
 - Hij/zij neemt ongeveer evenveel sterrenstelsels waar met roodverschuiving als sterrenstelsels met blauwverschuiving.
 - Alle sterrenstelsels lijken zich weg te bewegen vanuit een punt nabij het centrum van ons Melkwegstelsel.
 - Hij/zij stelt dezelfde wet van Hubble vast als wij.
 - Geen van bovenstaande.

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: eclipsen

Vraag 1.

Bij de zonsverduistering van 20 maart 2015 gaat in Brugge 84,3% van de zonnediameter achter de Maan schuil (op het ogenblik van maximale eclips). Hoeveel procent van het oppervlak van de zonneschijf blijft er dan nog zichtbaar?

Vraag 2.

Bij een bepaalde zonsverduistering bedraagt de diameter van de Zon aan de hemel $31'$ en bedraagt de diameter van de Maan aan de hemel $33'$. Op het ogenblik van maximale eclips bevinden de middelpunten van de Zon en de Maan zich $7'$ van elkaar aan de hemel.

- Toon aan dat het hier zeker niet om een totale eclips kan gaan.
- Welk percentage van de oppervlakte van de zonneschijf was door de Maan bedekt op het tijdstip van maximale eclips?

Vraag 3.

Bij een bepaalde ringvormige zonsverduistering zijn de angulaire diameters van de Zon en de Maan respectievelijk $32,6'$ en $29,4'$. Hoeveel keer is het zonlicht dan verzwakt (uitgaande van een uniforme oppervlaktehelderheid van de Zon)?

Vraag 4.

De afstand tussen de Zon en Jupiter bedraagt 5,2 astronomische eenheden. Ganymedes, de grootste maan van Jupiter, heeft een diameter van 5262 kilometer. De diameter van Jupiter bedraagt 142800 kilometer.

- Bereken de maximale afstand waarop Ganymedes zich van Jupiter mag bevinden, opdat dit hemellichaam voor (hypothetische) waarnemers op Jupiter een totale zonsverduistering zou kunnen veroorzaken.
- Bereken de afstand waarop Ganymedes zich van Jupiter zou moeten bevinden, opdat Jupiter voor (fictieve) bewoners van Ganymedes een totale zonsverduistering zou kunnen veroorzaken.

Open vragenreeks II: helderheid en afstand

Vanop Aarde gezien is Sirius (in het sterrenbeeld Grote Hond) de helderste ster aan de nachthemel. In werkelijkheid is Sirius echter een dubbelster. Het feit dat we de ster zo helder waarnemen, heeft twee oorzaken: haar intrinsieke lichtkracht en haar nabijheid tot de Aarde. Mizar is eveneens een optisch meervoudig stersysteem (in het sterrenbeeld Grote Beer), bestaande uit vier sterren die langs dezelfde gezichtslijn vanaf de Aarde gelegen zijn. Enkele van deze sterren zijn ook gravitationeel aan elkaar gebonden. Veronderstel nu dat een waarnemer P zich bevindt op een planeet in het planetenstelsel van Sirius.

Verder is ook nog volgende informatie gegeven:

- De afstand van Sirius tot de Aarde (of tot de Zon): $d_{SA} = d_{SZ} = 2,6$ pc (parsec).
- De schijnbare magnitude van Sirius zoals we die op Aarde waarnemen: $m_{SA} = -1,46$.
- De afstand van Zon tot de Aarde: $d_{ZA} = 1$ AE (astronomische eenheid).
- De schijnbare magnitude van Zon zoals we die op Aarde waarnemen: $m_{ZA} = -26,78$.
- De afstand van Sirius tot de planeet waarop waarnemer P zich bevindt: $d_{SP} = 10$ AE.
- De schijnbare magnitudes en de parallaxen van de sterren in het Mizar-systeem:

Ster nummer	Ster naam	Schijnbare magnitude	Parallax in milliboogseconden
1	Alcor	$3,99 \pm 0,01$	$39,9 \pm 0,13$
2	Mizar A	$1,23 \pm 0,01$	$38,0 \pm 1,71$
3	Mizar B	$3,86 \pm 0,01$	$38,0 \pm 1,71$
4	Sidus Ludoviciana	$7,56 \pm 0,01$	8 ± 4

Vraag 1

- Bepaal de schijnbare magnitude m_{ZP} van de Zon zoals die door de waarnemer P wordt waargenomen.
- Bepaal de schijnbare magnitude m_{SP} van het Sirius systeem zoals die door de waarnemer P wordt waargenomen.

Vraag 2

- Bereken de absolute magnitudes van elk van de vier sterren van het volledige Mizar-systeem.
- Bereken de gecombineerde intrinsieke lichtkracht L_{Mizar} van het Mizar systeem (bestaande uit vier sterren).

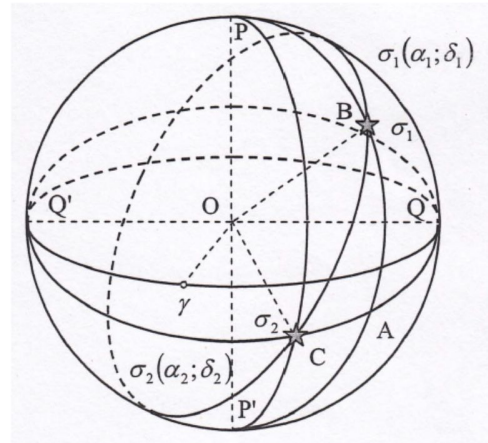
Vraag 3

- Welke van de vier sterren van het Mizar-systeem zijn ook gravitationeel gebonden met elkaar. Leg uit op basis van de hier beschikbare gegevens (of informatie die eruit afgeleid kan worden).
- Bereken de gemiddelde afstand d_{MA} tussen de gravitationeel gebonden sterren van het Mizar systeem en de Aarde.
- Schat de mogelijke fout op de berekende afstand d_{MA} .

Vraag 4

De equatoriale coördinaten van Mizar (aangeduid als σ_1 op de figuur hiernaast) en van Sirius (aangeduid als σ_2 op de figuur hiernaast) zijn:

- Rechte klimming van Mizar:
 $\alpha_{\text{Mizar}} = \alpha_1 = 13^{\text{h}}23^{\text{m}}55,5^{\text{s}}$.
- Declinatie van Mizar:
 $\delta_{\text{Mizar}} = \delta_1 = 54^{\circ}55'31''$.
- Rechte klimming van Sirius:
 $\alpha_{\text{Sirius}} = \alpha_2 = 6^{\text{h}}45^{\text{m}}$.
- Declinatie van Sirius:
 $\delta_{\text{Sirius}} = \delta_2 = -16^{\circ}43'$.



a) Bereken de geocentrische hoekafstand $\Delta\theta$ tussen het Mizar systeem en het Sirius systeem (i.e. de hoek die we vanop Aarde tussen beide sterren zien).

b) Bereken de gemiddelde afstand d_{MP} tussen de gravitationeel gebonden sterren van het Mizar systeem en de waarnemer P.

c) Bereken de schijnbare magnitude m_{MP} van (de gravitationeel gebonden sterren van) het Mizar systeem zoals waargenomen door de waarnemer P.

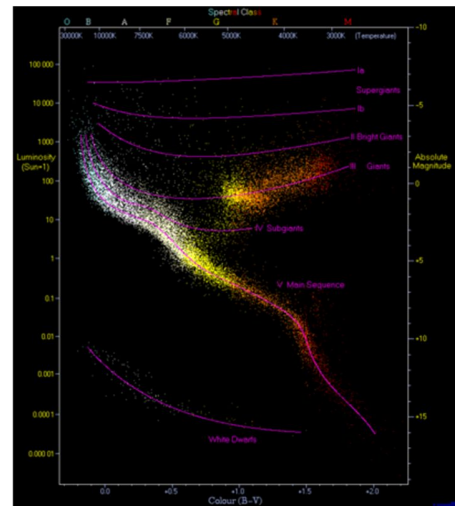
Vraag 5

Neem nu aan dat Alcor (ster 1 uit de tabel hierboven) een hoofdreeksster is.

a) Geef een schatting voor het spectraaltype van Alcor. Daarbij mag gebruikgemaakt worden van bovenstaande (en eventueel daaruit berekende) informatie en van het Hertzsprung-Russell-diagram hiernaast rechts.

b) Zoek op welke effectieve temperatuur voor Alcor hiermee overeenkomt.

c) Bereken op welke golflengte de straling van Alcor maximaal is.



Open vragenreeks III: botsende sterrenstelsels

Vraag 1.

De Antennes (NGC 4038 en 4039) zijn twee botsende sterrenstelsels in het sterrenbeeld Corvus (Raaf). Aan de hand van radiowaarnemingen heeft men de roodverschuiving van deze stelsels kunnen meten, en daaruit afleiden dat hun afstand ongeveer 25 Mpc bedraagt (Mpc = megaparsec = 10^6 parsec).

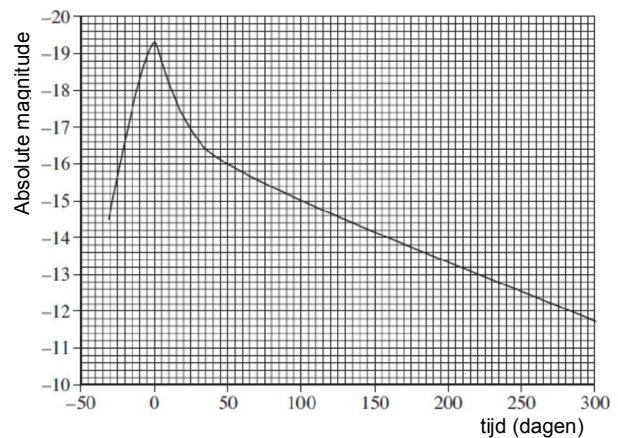
- Leg uit wat bedoeld wordt met roodverschuiving.
- Bereken de verwijderingssnelheid van de Antennes.



Vraag 2.

SN 2008sr was een type Ia supernova die is waargenomen in de Antennestelsels. De figuur rechtsonder toont de lichtcurve van deze supernova.

- Leg uit waarom type Ia supernovae kunnen gebruikt worden als standaardkaarsen om afstanden in het heelal te bepalen.
- Op het ogenblik dat supernova 2008sr haar maximale helderheid bereikte, bedroeg de schijnbare visuele magnitude 12,9. Gebruik dit (samen met de figuur rechts) om de afstand van de Antennes (uitgedrukt in Mpc) te berekenen.
- Waarom is het belangrijk dat astronomen kunnen beschikken over verschillende onafhankelijke methodes om de afstanden tot sterrenstelsels te bepalen?



Open vragenreeks IV: speciale relativiteitstheorie

In het begin van de 20ste eeuw stelde er zich een fysisch probleem dat te maken had met de voortplanting van het licht. Experimenten hadden namelijk aangetoond dat de lichtsnelheid voor iedere waarnemer gelijk was aan eenzelfde snelheid c ($= 299792458$ m/s). Dit leidde tot de ontwikkeling van de speciale (1905) en algemene (1915) relativiteitstheorie door Albert Einstein. Hij ging uit van de volgende twee postulaten:

- De wetten van de fysica zijn dezelfde in alle inertiaalsystemen (het relativiteitsprincipe).
- De lichtsnelheid in vacuüm heeft dezelfde waarde in alle inertiaalsystemen (het principe van het constant zijn van de lichtsnelheid).

Deze principes werden later door Landau en Lifchitz als volgt geherformuleerd:

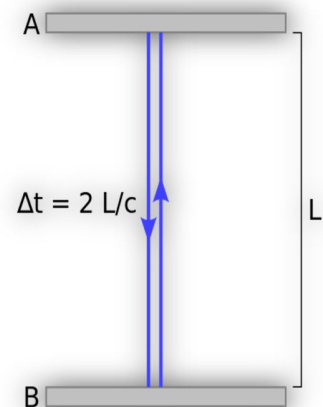
- De wetten van de fysica zijn dezelfde in alle inertiaalsystemen (het relativiteitsprincipe).
- De voortplantingssnelheid van fysische interacties is eindig.

Bij dit laatste principe is de lichtsnelheid dus een speciaal geval van het begrip 'voortplantingssnelheid van fysische interacties'. Dat licht zich met precies deze snelheid voortplant, komt doordat de rustmassa van fotonen (lichtdeeltjes) gelijk aan nul is. Hierdoor kan soms verkeerdelijk de indruk gecreëerd worden dat in de speciale relativiteitstheorie ruimte en tijd niet kunnen losgekoppeld worden van licht en haar eigenschappen. Begrippen als ruimte en tijd moeten vertaald worden naar het meten van afstanden en tijdsduren en deze worden bepaald door de voortplantingssnelheid van fysische interacties, die gelijk is aan de lichtsnelheid in vacuüm.

De combinatie van bovenstaande postulaten zorgt ervoor dat begrippen zoals tijd, lengte en gelijktijdigheid relatief zijn.

Vraag 1: tijdsdilatie

Stel dat een ruimtevaarder zich aan boord van zijn ruimteschip bevindt dat met een constante snelheid beweegt. De ruimtevaarder beschikt over een speciale lichtklok die hij kan gebruiken om het tijdstip tussen 2 gebeurtenissen te bepalen. De lichtklok ziet eruit zoals weergegeven in de figuur rechts. Op plaats B staat een lichtbron die een lichtpuls uitzendt; deze wordt weerkaatst door een spiegel die zich in A bevindt. Daarna wordt het licht gedetecteerd door een detector die zich ook in het punt B bevindt. De afstand tussen B en A is L en de snelheid van het licht is c . Bijgevolg zal de ruimtevaarder een tijdsduur $\Delta t = 2L/c$ waarnemen tussen het vertrekken en het terug detecteren van de lichtpuls.



De lichtklok die gebruikt wordt door de ruimtevaarder.

a) Maak nu zelf een schets van de situatie en de lichtklok zoals deze door een waarnemer buiten het ruimteschip (die 'stilstaat') gezien wordt. De lichtklok zal dus tegenover deze waarnemer met een snelheid v bewegen.

b) De waarnemer buiten het ruimteschip zal een tijd $\Delta t'$ waarnemen tussen het uitzenden en terug detecteren van de lichtpuls. Toon aan dat

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

c) Als het ruimteschip zich beweegt met een snelheid van $0,6c$ (wat $0,6$ keer de lichtsnelheid is) en een 'stilstaande' waarnemer op Aarde neemt waar dat de reis 50 jaar duurt, hoeveel tijd is er dan verstreken op de klokken voor de ruimtevaarders die zich aan boord van het ruimteschip bevinden?

Vraag 2: lengtecontractie

De waarnemer buiten het ruimteschip houdt een stok vast met een lengte $L' = 1 \text{ m}$ (voor de consistentie worden alle grootheden die waargenomen worden door de 'stilstaande' waarnemer met een ' aangeduid). De ruimtevaarder kan de lengte van de stok meten door zijn stopwatch in te drukken als hij aan het begin van de lichtklok passeert en opnieuw als hij aan het einde van de lichtklok passeert. Hij meet een lengte L voor de stok.

- Stel een formule op die de relatie tussen L en L' weergeeft.
- Hoe lang is de stok vanuit het standpunt van de ruimtevaarder?

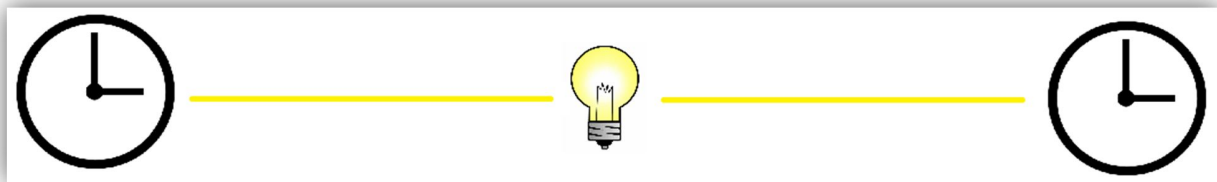
Vraag 3: tweelingenparadox

Alice en Bob zijn tweelingen. Bob, die altijd al de grootste avonturier is geweest, vertrekt op een lange reis naar planeet X in een ander planetenstelsel. Planeet X bevindt zich op 4 lichtjaar afstand van de Aarde. Het ruimteschip waarmee Bob naar de andere planeet vliegt, doet dit met een constante snelheid van $0,8c$.

- Hoeveel tijd is er voor Alice verstreken als Bob aankomt op de planeet?
- Alice kan de klok van Bob in de raket volgen. Hoeveel tijd is er voor haar broer verstreken gedurende de reis? Vergelijk deze tijd met de afstand tussen de Aarde en Planeet X. Wat kun je hierbij opmerken en hoe kan je dit verklaren?
- Wat met het feit dat beide waarnemers gelijkwaardig zijn? Bob kan ook zeggen dat Alice tegenover hem beweegt met een snelheid van $0,8c$. Dus zal Bob ook zien dat de tijd voor Alice trager verloopt dan zijn tijd. Toon aan dat Bob de klok van Alice slechts met $1,8$ jaar vooruit ziet gaan. Dit verschilt van de tijd die je in vraag 1 berekend hebt. Dit probleem is gekend als de tweelingenparadox. Kun je uitleggen wat tot deze tegenstrijdigheid leidt?

Vraag 4: gelijktijdigheid

Het probleem van de tweelingenparadox kan ook opgelost worden door naar gelijktijdigheid van gebeurtenissen te kijken binnen de speciale relativiteitstheorie. Dit kan gedaan worden door een opstelling te beschouwen zoals weergegeven in de figuur hieronder. Een lichtbron bevindt zich in het midden tussen twee klokken en als deze wordt aangelegd, zendt ze licht uit. Als het licht de klokken bereikt, dan treden de klokken in werking. Voor een waarnemer die stilstaat tegenover deze opstelling zullen beide klokken tegelijk in werking treden.



Een lichtbron bevindt zich in het midden tussen 2 klokken. Als het licht van de bron de klokken bereikt, treden deze in werking.

a) Toon aan dat voor een waarnemer die met een snelheid v naar links beweegt tegenover deze opstelling de linkerklok sneller in werking treedt dan de rechtse en dat het tijdsverschil tussen deze gebeurtenissen gegeven kan worden door:

$$\Delta t = \frac{L'v}{c^2} \gamma \quad \text{met} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

(L' is de afstand die waargenomen wordt in het 'stilstaande' referentiestelsel en Δt is het tijdsverschil dat Bob waarneemt op zijn klok!)

b) Gebruik dit tijdsverschil om een verklaring te geven voor vraag 3 c.

Dit is het einde van de eerste ronde van
de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2015.

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

Heel veel succes!