



Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2012

31 januari 2012

Welkom bij de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2012! Zoals uitgelegd in het reglement 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 2012. 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 **31 maart 2012** op het adres:

Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2012
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. 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!
- Voor sommige opgaven zal je niet alle benodigde informatie voorhanden hebben. Het is dus goed mogelijk dat je een begrip (bijvoorbeeld 'supernova') of getal (bijvoorbeeld de massa van de zon) 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.
- Voor de open vragen wordt voor elk antwoord een motivatie verwacht. Een getal als uitkomst alleen verdient geen punten, evenals 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. 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 de deadline zetten we de uitwerkingen op internet, 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 2012: Steven Bloemen (KULeuven), Annelies Cloet-Osselaer (UGent), Nicki Mennekens (VUB), Toine Mercier (JVS) en Frank Tamsin (VVS).

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



Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2012

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 Poolster lijkt stationair aan de hemel

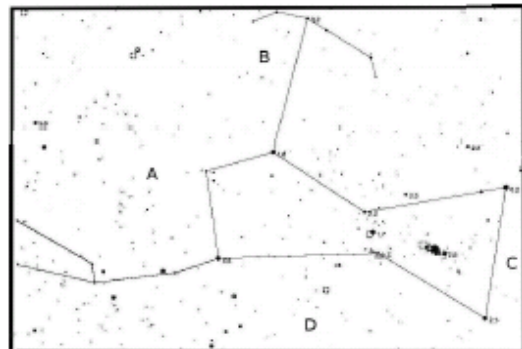
- a) omdat de Aarde niet beweegt ten opzichte van de Poolster.
- b) omdat de Aarde zich bevindt in het verlengde van de rotatie-as van de Poolster.
- c) omdat zowel de Aarde als de Poolster zich aan dezelfde snelheid bewegen in ons Melkwegstelsel.
- d) om een andere reden dan deze die hierboven zijn aangegeven.

2. Chandrayaan-1 is een onbemande Indische ruimtemissie naar de Maan. Het ruimtetuig werd gelanceerd op 22 oktober 2008 en kwam terecht in een baan 100 kilometer boven het maanoppervlak. Hoe lang duurde op dat ogenblik één omloop van Chandrayaan-1 rond de Maan?

- a) 57 minuten;
- b) 30 minuten;
- c) 118 minuten;
- d) 79 minuten.

3. De figuur rechts toont een schets van het bekende wintersterrenbeeld Orion. De richting van het noorden is (ongeveer) aangeduid met de letter

- a) A;
- b) B;
- c) C;
- d) D.



4. Beschouw de volgende twee uitspraken:

P: Er worden absorptielijnen waargenomen in het spectrum van de Zon.

Q: De kern van de Zon heeft een temperatuur van meer dan 10 miljoen graden Celsius en de temperatuur aan het oppervlak van de Zon bedraagt ongeveer 6000 graden Celsius.

Welk van volgende opties is correct:

- a) Uitspraak "P" is correct maar uitspraak "Q" is niet correct;
- b) Uitspraak "P" is niet correct en uitspraak "Q" is wel correct;
- c) Beide uitspraken zijn correct en "Q" is de correcte reden voor "P";
- d) Beide uitspraken zijn correct, maar "Q" is niet de reden voor "P".

5. Wat is de afstand tot de horizon voor iemand die rechtstaat op het aardoppervlak (op zeeniveau)?

- a) 500 km;
- b) 5 km;
- c) 15 km;
- d) 50 km.

6. Welk paar van de volgende gebeurtenissen doet zich voor een waarnemer in West-Europa voor in de zomer?

- a) maximale diameter van de zonneschijf aan de hemel en minimale hoogte van de Zon boven de horizon;
- b) minimale diameter van de zonneschijf aan de hemel en minimale hoogte van de Zon boven de horizon;
- c) minimale diameter van de zonneschijf aan de hemel en maximale hoogte van de Zon boven de horizon;
- d) maximale diameter van de zonneschijf aan de hemel en maximale hoogte van de Zon boven de horizon;

7. De duur van de dag en van de nacht zijn op de meeste plaatsen op Aarde niet aan elkaar gelijk

- a) omdat de Aarde rond haar as roteert;
- b) omdat de Aarde rond de Zon wentelt;
- c) omdat de as van de Aarde geheld is ten opzichte van het baanvlak van de Aarde;
- d) omdat de Aarde niet perfect bolvormig is.

8. Voor een bepaald object (in vaste vorm) worden vier grootheden bepaald, zowel op de Aarde als op de Maan. Voor welke grootheid bekomen we een verschillend resultaat?

- a) de massa;
- b) het gewicht;
- c) het volume;
- d) de dichtheid.

9. De perihelium (respectievelijk het aphelium) van een object dat zich in een baan rond de Zon beweegt, is het punt op de baan waar het object zich het dichtst (respectievelijk het verst) bij de Zon bevindt. De periheliumafstand van de Aarde bedraagt ongeveer 147 miljoen kilometer. Hoe groot is dan de apheliumafstand van de Aarde?

- a) Ongeveer twee keer de periheliumafstand (afgerond 300 miljoen kilometer);
- b) Ongeveer drie keer de periheliumafstand (afgerond 450 miljoen kilometer);
- c) Net iets groter dan de periheliumafstand (ongeveer 155 miljoen kilometer);
- d) Precies even groot als de periheliumafstand (ongeveer 147 miljoen kilometer).

10. Beschouw de volgende twee uitspraken (waarbij gegeven is dat de massa van Saturnus $5 \cdot 10^{26}$ kg bedraagt en de afstand van Saturnus tot de Aarde $1,4 \cdot 10^9$ km is):

P: De gravitatiekracht die Saturnus uitoefent op een persoon op Aarde, is ongeveer even groot als de gravitatiekracht die een tweede persoon uitoefent die zich op enkele centimeter afstand van de eerste persoon bevindt.

Q: Saturnus heeft een erg lage dichtheid in vergelijking met de andere planeten.

Welk van volgende opties is correct:

- a) Uitspraak "P" is correct maar uitspraak "Q" is niet correct;
- b) Uitspraak "P" is niet correct en uitspraak "Q" is wel correct;
- c) Beide uitspraken zijn correct en "Q" is de correcte reden voor "P";
- d) Beide uitspraken zijn correct, maar "Q" is niet de reden voor "P".

11. Een ster komt op in Athene (38° noorderbreedte, 24° oosterlengte) om $19^h 10^m$ UT. Hoe laat zal men deze ster in Brussel ($50,8^\circ$ noorderbreedte, 4° oosterlengte) zien opkomen?

- a) $17^h 50^m$ UT;
- b) $19^h 10^m$ UT;
- c) $19^h 30^m$ UT;
- d) $20^h 30^m$ UT.

12. Een eerste waarnemer neemt een vuurbol waar in het zenit, terwijl een tweede waarnemer, op 30 kilometer ten noorden van de eerste gelegen, de vuurbol waarneemt op 10° van het zenit. De hoogte van deze vuurbol was dan:

- a) 130 km
- b) 150 km
- c) 170 km
- d) 190 km

13. Welk van volgende bewegingen zorgt ervoor dat de Maan fasen vertoont, van de Aarde uit gezien?

- a) de rotatie van de Maan rond haar eigen as;
- b) de omwenteling van de Maan rond de Aarde;
- c) de rotatie van de Zon rond haar eigen as;
- d) de omwenteling van de Aarde rond de Zon.

14. Een waarnemer ziet een smalle maansikkel aan de westelijke horizon. Wanneer kan zich dit voordoen?

- a) bij zonsopkomst;
- b) rond de middag;
- c) op elk ogenblik van de dag of de nacht;
- d) bij zonsondergang.

15. Als de helling van de equator op de ecliptica 40° zou bedragen in plaats van $23,5^\circ$, dan zou de gemiddelde temperatuur in Parijs

- a) zowel in de zomer als in de winter lager zijn;
- b) lager zijn in de zomer en hoger in de winter;
- c) hoger zijn in de zomer en in lager de winter;
- d) zowel in de zomer als in de winter hoger zijn.

16. Van welk van volgende hemellichamen is de massa het best te vergelijken met de massa van een witte dwerg?

- a) de Maan;
- b) de Aarde;
- c) Jupiter;
- d) de Zon.

17. Bij welk van volgende planeten zou de Zon opkomen in het westen?

- a) Mercurius;
- b) Venus;
- c) Mars;
- d) Saturnus;
- e) Uranus.

18. Van welk van volgende zaken is de straal het best te vergelijken met de straal van een witte dwerg?

- a) de Aarde;
- b) een kleine stad;
- c) een voetbalstadion;
- d) een basketbal;
- e) de Zon.

19. Beschouw de volgende twee uitspraken:

P: Eclipsen (dit wil zeggen zons- en maansverduisteringen) zijn niet gelijkmatig verspreid doorheen het jaar, maar komen in een bepaald jaar slechts in enkele maanden voor.

Q: De baan van de Maan (rond de Aarde) maakt een hoek van ongeveer 5° met de baan van de Aarde (rond de Zon).

Welk van volgende opties is correct:

- a) Uitspraak "P" is correct maar uitspraak "Q" is niet correct;
- b) Uitspraak "P" is niet correct en uitspraak "Q" is wel correct;
- c) Beide uitspraken zijn correct en "Q" is de correcte reden voor "P";
- d) Beide uitspraken zijn correct, maar "Q" is niet de reden voor "P".

20. Bij haar geboorte heeft een ster doorgaans volgende samenstelling:

- a) 49 % waterstof – 49 % helium – 2 % zwaardere elementen
- b) 74 % waterstof – 24 % helium – 2 % zwaardere elementen
- c) 89 % waterstof – 10 % helium – 1 % zwaardere elementen
- d) 25 % waterstof – 74 % helium – 1 % zwaardere elementen
- e) 98 % waterstof – 2 % helium – 0 % zwaardere elementen

21. Aangezien alle sterren bij het begin van hun leven grotendeels dezelfde samenstelling hebben, wat is dan het meest bepalend voor de onderlinge verschillen in hun evolutie?

- a) de plaats in het heelal waar ze gevormd worden;
- b) het tijdstip waarop het gevormd worden;
- c) de lichtkracht wanneer ze gevormd worden;
- d) de massa wanneer ze gevormd worden;
- e) de kleur wanneer ze gevormd worden.

22. Ster A heeft een effectieve temperatuur van 4000 K en ster B heeft een effectieve temperatuur van 40000 K. Als beide sterren ongeveer dezelfde straal hebben, welk van volgende beweringen is dan niet correct:

- a) Ster B is lichtkrachtiger dan ster A;
- b) Ster A straalt meer energie uit in het infrarood dan in het ultraviolet;
- c) Ster B straalt meer energie uit in het ultraviolet dan in het infrarood;
- d) Ster A straalt meer energie uit in het infrarood dan ster B.

23. Hoelang ongeveer vertoeft een ster van spectraalklasse G op de hoofdreeks?

- a) duizend jaar;
- b) tienduizend jaar;
- c) een miljoen jaar;
- d) honderd miljoen jaar;
- e) tien miljard jaar.

24. Een ster met een massa van $2,0 \cdot 10^{30}$ kg en een straal van $8,0 \cdot 10^5$ km draait rond haar as in 30 dagen. Op een afstand van 1 astronomische eenheid van deze ster maakt een planeet met een massa van $5,98 \cdot 10^{24}$ kg een omloop rond deze ster in een periode van 365 dagen. Als de straal van de ster zou afnemen tot $8,0 \cdot 10^4$ km, hoe groot zou dan de omlooperperiode van de planeet worden?

- a) 3,65 dagen;
- b) 36,5 dagen;
- c) 365 dagen;
- d) 3650 dagen.

25. We beschouwen twee sterren op de hoofdreeks: een groene ster A en een rode ster B. Als beide sterren zouden botsen en nadien één enkele ster vormen, wat zou dan de kleur van deze ster zijn?

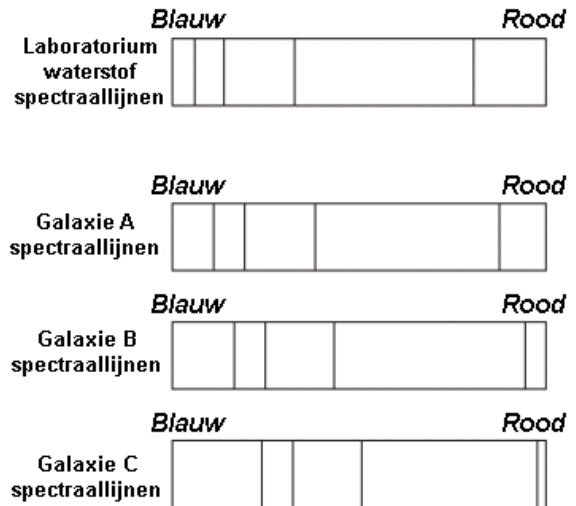
- a) rood;
- b) oranje;
- c) geel;
- d) blauw.

26. Veronderstel dat Betelgeuze een supernova zou worden en als dusdanig zou waargenomen worden van op Aarde. Hoe zou dit object er met het blote oog uit zien?

- a) Omdat de supernova-explosie de ster vernietigt, zou Betelgeuze plots uit het zicht verdwijnen.
- b) We zouden een gaswolk zien die uitdijt vanaf de positie waar Betelgeuze zich bevond; over een periode van enkele weken zou deze wolk de hele hemel vullen.
- c) Betelgeuze zou een lichtpunt aan de hemel blijven, mar zou plots veel helderder worden zodat we de ster voor enkele weken ook overdag met het blote oog zouden kunnen zien.
- d) Betelgeuze zou plots veel groter lijken en snel de afmetingen van de volle maan aan de hemel bereiken; de ster zou ook ongeveer even helder zijn als de volle maan.

27. In de figuur rechts worden de spectraallijnen van waterstofgas in drie sterrenstelsels A, B en C vergeleken met de spectraallijnen van waterstofgas zoals die in een aards laboratorium zijn opgemeten. Welke informatie kunnen we hieruit afleiden?

- Stelsel A verwijderd zich van de Aarde en de stelsels B en C naderen de Aarde.
- Stelsel B verwijderd zich van de Aarde en de stelsels A en C naderen de Aarde.
- Alle drie de stelsels A, B en C naderen de Aarde.
- Alle drie de stelsels A, B en C verwijderen zich van de Aarde.



28. Welke van de volgende paren sterren lijken het best op elkaar, voor wat betreft lichtkracht en oppervlaktetemperatuur?

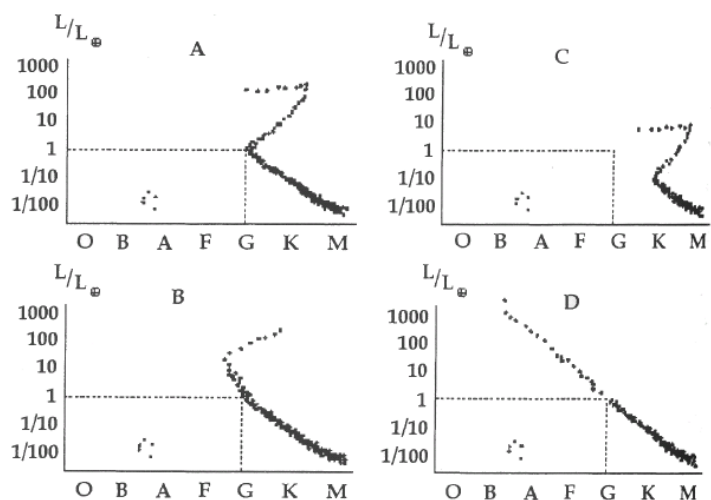
- Betelgeuze en de ster van Barnard;
- Rigel en Betelgeuze;
- Alfa Centauri en de Zon;
- Sirius en Procyon B.

29. Welke B–V index komt overeen met de ster met de hoogste oppervlaktetemperatuur?

- 0,1
- 0,5
- 0
- 0,5

30. De figuur rechts toont het Hertzsprung-Russell-diagram van vier sterrenhopen. Rangschik deze vier sterrenhopen volgens leeftijd (van jong naar oud):

- A – B – C – D
- D – C – B – A
- D – B – A – C
- C – B – A – D
- B – A – C – D



Open vragenreeks I: elliptische beweging

Vraag 1.

- a) De hoek tussen de verbindingslijn tussen de Aarde en de Zon enerzijds en tussen de Aarde en een planeet anderzijds wordt elongatie genoemd. De maximale elongatie van Venus bedraagt 46° . In de veronderstelling dat de baan van Venus cirkelvormig is, bereken de straal van deze baan in astronomische eenheden.
- b) De omlooptijd van Mars rond de Zon bedraagt 687 dagen. Op een bepaald moment is Mars in oppositie met de Zon, en 106 dagen later staat de planeet in kwadratuur. Bereken hieruit de afstand van Mars tot de Zon in astronomische eenheden, zonder gebruik te maken van de wetten van Kepler. De excentriciteit van de banen van de Aarde en van Mars mag verwaarloosd worden (dit wil zeggen dat de banen hier als cirkelvormig mogen beschouwd worden).

Vraag 2.

Een komeet beweegt in een ellipsvormige baan rond de Zon. Op het verste punt van haar baan bevindt ze zich op 31,5 astronomische eenheden van de Zon, en op het dichtste punt is de afstand 0,5 astronomische eenheden.

- a) Wat is de periode van deze komeet?
- b) Hoe groot is de excentriciteit van de baan van deze komeet?
- c) Welke oppervlakte wordt bestreken door de verbindingslijn tussen de Zon en de komeet (uitgedrukt in vierkante astronomische eenheden per jaar)?

Vraag 3.

Als men een (enkele) reis wil maken van de Aarde naar Mars, dan kan dit met het minst energieverbruik door het ruimtetuig een zogenaamde “bitangentiële” baan te laten volgen. Dit betekent dat het ruimtetuig vertrekt wanneer de Aarde zich in het perihelium van haar baan bevindt, en aankomt bij Mars als deze planeet zich in het aphelium van zijn baan bevindt. De baan van het ruimtetuig raakt dus aan de aardbaan in het perihelium ervan, en aan de Marsbaan in het aphelium ervan. De lengte van de halve grote as van de baan van de Aarde bedraagt 1,000 astronomische eenheid, en bij Mars is dit 1,524 AE.

Bereken hoe lang de beschreven ruimtereis duurt (waarbij de banen van de Aarde en van Mars als cirkelvormig mogen beschouwd worden).

Vraag 4.

Twee kleine exoplaneetjes O en E bewegen in één en dezelfde gesloten baan rond een ster van één zonsmassa. Voor één volledige omwenteling rond deze ster hebben de planeetjes 30 jaar nodig. De afstand tussen de planeetoppervlakken van O en E bedraagt maximaal 10 meter. Op het exoplaneetje O leeft Orpheus en op het exoplaneetje E leeft Eurydice. Orpheus en Eurydice zouden elkaar graag de hand schudden. We nemen aan dat dit mogelijk is als ze elk hun arm hoogstens één meter moeten uitstrekken boven het oppervlak van het planeetje waarop ze leven. Als de baan van O en E perfect cirkelvormig zou zijn, is dat uiteraard niet mogelijk, want dan blijft hun onderlinge afstand steeds dezelfde. Als de baan echter ellipsvormig is, dan kunnen Orpheus en Eurydice elkaar mogelijk wel de hand schudden. Hoe groot moet de excentriciteit van de gemeenschappelijke ellipsvormige baan van O en E minstens zijn opdat Orpheus en

Eurydice elkaar de hand zouden kunnen schudden? Voor de berekeningen mag het stukje van de baan tussen O en E als rechtlijnig beschouwd worden.

Vraag 5.

Krachtens de eerste wet van Kepler is een planeetbaan ellipsvormig, en staat de Zon in één van de twee brandpunten van de ellips. Daaruit volgt dat de twee uiteinden van de lange as van de ellips overeenkomen met de punten waar de planeet op haar baan het dichtst, respectievelijk het verst van de Zon verwijderd staat. Het perihelium is het punt van dichtste nadering, het aphelium het punt van verste verwijdering.

De ware anomalie v van een planeet op een gegeven moment is de georiënteerde hoek perihelium–Zon–planeet. De oriëntatie van de hoek wordt zodanig gemeten dat hij toeneemt in de tijd.

De excentrische anomalie E wordt gedefinieerd door de volgende constructie. Zij P' het punt waar de loodlijn op de lange as van de ellips doorheen de planeet, de omschrijvende cirkel van de ellips snijdt. Dan is E de georiënteerde hoek perihelium–middelpunt– P' .

De middelbare anomalie M is de denkbeeldige hoek die de planeet zou hebben afgelegd op haar baan, als haar hoeksnelheid constant gelijk was aan een volledige cirkel (360° of 2π radialen) gedeeld door de omlooptijd.

Als $t-\tau$ de tijd is die verlopen is sinds de periheliumdoorgang van een planeet, en P is de periode van die planeet, dan geldt dat

$$M = \frac{2\pi}{P}(t - \tau)$$

Men kan aantonen dat volgend verband geldt:

$$E = M + e \sin E$$

waarbij e de excentriciteit van de ellips voorstelt. Dit wordt de vergelijking van Kepler genoemd.

Verder geldt ook nog dat

$$\tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E}{2}$$

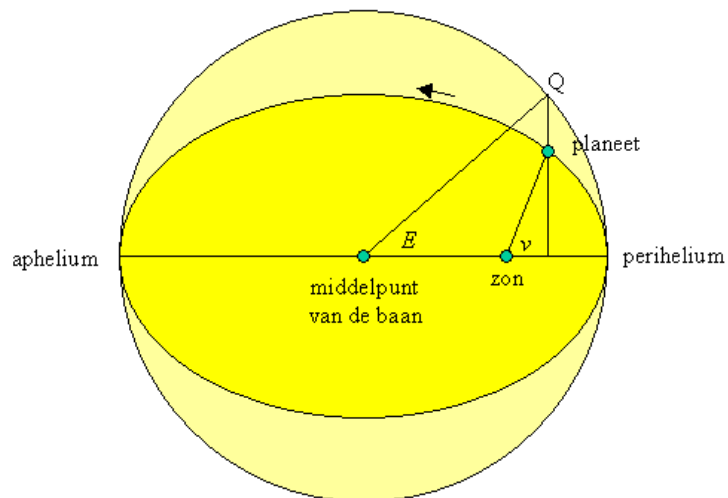
De excentriciteit van de ellipsbaan van de Aarde om de Zon is tegenwoordig 0,0167.

a) Wat is de middelbare anomalie van de Aarde een kwart jaar na de periheliumdoorgang van de Aarde?

b) Wat is op dat ogenblik de excentrische anomalie van de Aarde?

c) Wat is op dat ogenblik de ware anomalie van de Aarde?

De resultaten moeten gegeven worden in graden en tot op twee cijfers na de komma nauwkeurig.



Open vragenreeks II: sterren

Vraag 1.

Bij welke golflengte straalt een ster met een oppervlaktetemperatuur van 4000 K het meest intens?

Vraag 2.

Bereken de totale lichtkracht van een ster met een oppervlaktetemperatuur van 7500 K en met een straal die 2,5 keer groter is dan de straal van de Zon. Vergelijk dit met de lichtkracht van de Zon (waarvan de oppervlaktetemperatuur 5800 K bedraagt).

Vraag 3.

Een ster op de hoofdreeks van spectraaltype K heeft een lichtkracht van 0,4 keer de lichtkracht van de Zon ($0,4 L_{\odot}$). De waargenomen flux van deze ster bedraagt $6,235 \cdot 10^{-14} \text{ W.m}^{-2}$. Wat is de afstand tot deze ster (waarbij atmosferische effecten mogen verwaarloosd worden)?

Vraag 4.

Een supernova heeft een absolute lichtkracht die 10^{10} keer groter is dan de lichtkracht van de Zon. Veronderstel dat we dergelijke supernova aan de hemel zouden waarnemen en dat die even helder zou schijnen als de Zon.

- Hoever zou dergelijke supernova zich van ons bevinden?
- Is dit een realistische mogelijkheid?

Vraag 5.

We bestuderen een bepaald type rode reuzensterren als zogenaamde standaardkaarsen met een constante absolute magnitude $M = -0,2$. Neem aan dat we beschikken over een telescoop waarvan de grensmagnitude $m = 18$ bedraagt, wat is dan de maximale afstand waarop deze telescoop de genoemde rode reuzensterren nog kan waarnemen

- in het geval we de interstellaire extinctie verwaarlozen?
- uitgaande van de veronderstelling dat de extinctie in het interstellaire medium 0,70 magnituden per kiloparsec bedraagt?

Open vragenreeks III: sterrenkundige waarnemingen

Vraag 1.

Op een heldere avond probeert een waarnemer vanuit zijn tuin een polaire satelliet waar te nemen. Een dergelijke satelliet bevindt zich typisch zowat 800 kilometer boven het aardoppervlak. Tot hoe lang na zonsondergang is dergelijke waarneming eventueel mogelijk:

- a) 63 minuten
- b) 109 minuten
- c) 127 minuten
- d) 171 minuten

Het antwoord dient met een berekening gestaafd te worden. Daarbij moet echter geen rekening gehouden worden met fenomenen als straalbreking of kimduiking.

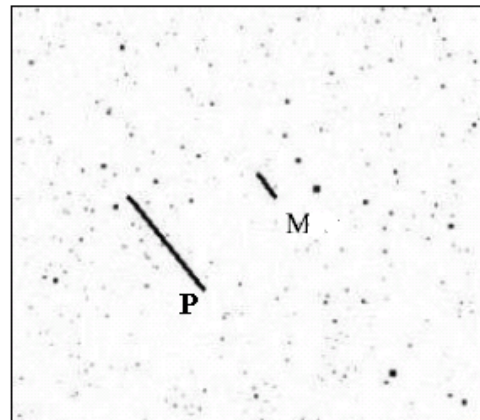
Vraag 2.

Op het beeld rechts zien we de beweging van twee planetoïden M en P tussen de sterren. Er werd gevolgd op de sterren zodat M en P een spoor nalaten.

Veronderstel dat beide planetoïden zich in ongeveer cirkelvormige banen in hetzelfde baanvlak bewegen.

- a) Welke planetoïde bevindt zich op het ogenblik van deze opname het dichtst bij de Aarde?
- b) Welke planetoïde bevindt zich op het ogenblik van deze opname het dichtst bij de Zon?

De antwoorden dienen met een duidelijke redenering gestaafd te worden.



Vraag 3.

Astronomen nemen met de Hubble Space Telescope (die een diameter van 2,4 meter heeft) een sterrenstelsel waar. De afstand van dit stelsel tot ons bedraagt 15 Mpc. Het sterrenstelsel beweegt weg van ons met een snelheid van 3500 km/s en de hoekdiameter bedraagt 2'. Vanop de Aarde kijken we recht in de schijf van het sterrenstelsel. Met behulp van spectroscopie kan men de roodverschuiving van de H α -lijn (656,285 nm) bepalen aan de randen van het sterrenstelsel (verschuiving van 3,88 nm aan de ene kant en verschuiving van 1,52 nm aan de andere kant)

- a) Hoeveel jaar dient men met de Hubble Space Telescope dit sterrenstelsel waar te nemen vooraleer men een verandering in zijn positie kan waarnemen? De beweging van de Aarde om de Zon dien je niet in rekening te brengen.
- b) Bereken de massa van dit stelsel (in zonsmassa's).
- c) Gegeven is de volgende massa-lichtkrachtrelatie: $(L/L_{\odot}) = (M/M_{\odot})^3$. Bepaal de schijnbare magnitude van het systeem.
- d) Met het blote oog (pupildiameter 6 mm) kan men nog net een object waarnemen met een schijnbare magnitude 6. Gebruik dit gegeven om de minimale diameter te bepalen van de telescoop die we nodig hebben om dit sterrenstelsel te kunnen waarnemen.

Open vragenreeks IV: exoplaneten

De detectie van exoplaneten (planeten die rond een andere ster dan onze Zon draaien) is de laatste jaren een hot topic in de sterrenkunde. Vooral de zoektocht naar planeten die ongeveer even groot zijn als onze Aarde, die ongeveer dezelfde massa hebben, en die op de juiste afstand van hun ster staan om vloeibaar water mogelijk te maken, spreekt tot de verbeelding. Om de mogelijkheden en moeilijkheden van zo'n zoektocht te illustreren, bekijken we twee verschillende manieren waarop een veraf wonende intelligente beschaving onze Aarde zou kunnen detecteren.

Vraag 1.

Stel je voor dat deze beschaving continu het licht van onze Zon opmeet en vaststelt dat één keer per (aard)jaar gedurende een bepaalde tijd dit licht een klein beetje afneemt, omdat de Zon voor hen gedeeltelijk verduisterd wordt door de Aarde.

- Met welke nauwkeurigheid moet hun instrument de verandering in de lichtkracht van de Zon kunnen vaststellen, om de Aarde in de eerste plaats te kunnen ontdekken? Ter vergelijking: de Kepler-satelliet, de beste planetenjager van onze beschaving, kan een lichtverandering van één vijftigduizendste waarnemen.
- Gebruik makend van het spectrum van de Zon, kan de buitenaardse beschaving vaststellen dat de Zon een zogenaamde G2 hoofdreeksster is. Geef een korte uitleg over deze indelingsmethode, en bespreek welke fysische kenmerken van de Zon dan daaruit volgend bij benadering gekend zijn.
- In het bijzonder is de kennis van de massa van de Zon zeer interessant. Hieruit kan men dan namelijk de afstand berekenen tussen de Aarde en de Zon. Doe dit (uiteraard zonder gebruik te maken van je voorkennis over deze afstand). Tip: maak gebruik van de tweede wet van Newton ($F = m \cdot a$), waarbij je weet dat de kracht geleverd wordt door de zwaartekracht, en de versnelling zodanig is dat de Aarde een (in zeer goede benadering) eenparig cirkelvormige beweging uitvoert rond een veel zwaarder lichaam.
- Ook de tijd gedurende dewelke de planeet zich voor de ster bevindt kan gebruikt worden om een limiet op deze afstand te plaatsen. Is dit een boven- of ondergrens? Maak een benadering van hoe lang deze 'verduistering' in het geval van de Aarde maximaal kan duren.

Vraag 2.

Een andere manier waarop de aanwezigheid van de Aarde in principe kan vastgesteld worden, is gebruik makend van het dopplereffect.

- Leg kort het principe van dit effect uit, gebruik makend van geluidsgolven.
- Het Dopplereffect is ook werkzaam op elektromagnetische golven, zoals zichtbaar licht. Door het speciale karakter van licht (zie de speciale relativiteitstheorie van Einstein) mogen echter niet zomaar dezelfde formules als voor geluid gebruikt worden. Zoek op (zonder bewijs) wat de formules dan worden voor licht.
- Hoe snel moet een lichtbron bewegen vooraleer het resultaat bekomen voor een stilstaande waarnemer met de klassieke formule (die voor geluid) meer dan 1 % begint af te wijken van de relativistische formule?
- Stel je voor dat een ruimteschip als buitenverlichting licht gebruikt met een golflengte van

580 nm (geel). Welke kleur lijkt dit licht dan te hebben (motiveer!) voor een stilstaande waarnemer die het ruimteschip met een snelheid van 70000 km/s

- i. naar zich ziet toevliegen?
- ii. van zich ziet wegvliegen?

e) Leg kort uit hoe dit principe kan gebruikt worden om te bepalen hoe snel een ster zich van ons af of naar ons toe beweegt. Men weet immers niet zomaar welke kleur het licht van de ster had toen het uitgezonden werd.

Vraag 3.

Stel dat de buitenaardse beschaving deze techniek wil gebruiken om het bestaan van de Aarde aan te tonen. In tegenstelling tot wat we in een vorige vraag bij benadering gebruikt hebben, is het namelijk niet helemaal correct dat de Aarde rond de Zon draait: in feite draaien ze beiden rond hun gemeenschappelijk massamiddelpunt. Op die manier zorgt de aanwezigheid van de Aarde voor een kleine beweging van de Zon.

- a) Wat kan je zeggen over de invloed van de oriëntatie van het vlak waarin Aarde en Zon bewegen, ten opzichte van de richting waarin de waarnemer zich bevindt?
- b) Bereken hoe groot de golflengteverandering is die de instrumenten in het meest gunstige geval minstens moeten kunnen waarnemen.
- c) Leg uit waarom deze methode in de praktijk enkel werkt voor planeten die niet extreem veel minder massa hebben dan hun ster.
- d) Omwille van de hoger geformuleerde bedenking (vraag 3 a) kan deze methode enkel gebruikt worden om een ondergrens te bepalen voor de massa van de planeet. Stel dat een waarnemer met voldoende nauwkeurige apparatuur zich op een hoek van 45° bevindt ten opzichte van het vlak waarin Aarde en Zon om elkaar draaien. Welke golflengteverschuiving neemt deze dan waar? Wat is de daaruit bepaalde minimale massa van de Aarde?

Open vragenreeks V: supernovae

Supernova's behoren tot de meest energetische gebeurtenissen in het heelal.

Vraag 1.

Sterrenkundigen maken dikwijls onderscheid tussen sterren en fenomenen op basis van waarnemingen. Zo wordt er een onderscheid gemaakt tussen verschillende types supernova's, op basis van de lijnen die ze vertonen in hun spectra. Geef de opmerkelijkste kenmerken die gebruikt worden om supernova's van Type Ia, Type Ib, Type Ic en Type II te onderscheiden.

Vraag 2.

Gedetailleerde studies van supernova's toonden aan dat supernova's van Type Ia een fundamenteel verschillende oorzaak hebben dan de andere types (de zogenaamde core-collapse supernova's). Wanneer komt een supernova van Type Ia voor?

Vraag 3.

Tijdens een supernova van type II komt ongeveer 10^{46} J energie vrij. Ongeveer 1% hiervan komt vrij als kinetische energie van uitgestoten materiaal. Minder dan een tienduizendste komt vrij in de vorm van elektromagnetische straling. Waar blijft het grootste deel van de vrijgekomen energie?

Vraag 4.

Stel dat de kern van een massieve ster (met $M_{\text{kern}} = 3 M_{\text{zon}}$) implodeert tot een bolvormige massa met een diameter van 100 kilometer. Bereken de energie die hierbij vrijkomt en vergelijk deze met de energie van een supernova Type II. Tip: gebruik het viriaaltheorema, dat stelt dat de energie U die vrijkomt bij de vorming van een ster met constante dichtheid gelijk is aan:

$$U = -\frac{3}{10} G \frac{M^2}{R}$$

Vraag 5.

Bij een supernova worden zware elementen gevormd, zoals $^{56}_{28}\text{Ni}$ dat een halfwaardetijd heeft van 6,1 dagen en $^{57}_{27}\text{Co}$ dat een halfwaardetijd heeft van 271 dagen. Het radioactief verval van dergelijke isotopen zorgt ervoor dat er nog lang nadat een supernova heeft plaatsgevonden elektromagnetische straling wordt waargenomen. Stel dat er $0,1 M_{\text{zon}}$ $^{56}_{28}\text{Ni}$ gevormd wordt tijdens de supernova, en $0,01 M_{\text{zon}}$ $^{57}_{27}\text{Co}$. Maak een grafiek waarop voor deze twee isotopen te zien is hoeveel deeltjes er aanwezig zijn, vanaf het moment van de supernova tot een jaar na de supernova. Voor de y-as, die het aantal deeltjes toont, gebruik je best een logaritmische schaal.



Dit is het einde van de eerste ronde van
de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2012.
Kijk na bij uw inzending of u alle gevonden oplossingen heeft ingezonden.

Heel veel succes!