



# Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2010

15 januari 2010

Welkom bij de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2010! Zoals uitgelegd in het reglement op de website mag je deze Olympiade thuis oplossen, met al het opzoekwerk dat je nodig acht. De vijf beste 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 8 mei 2010. 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 naar ons stuurt **voor 28 maart 2010** op het adres:

Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2009  
Vereniging Voor Sterrenkunde  
Oostmeers 122c  
8000 Brugge

Elektronisch insturen kan ook, naar [deelname@sterrenkundeolympiade.be](mailto:deelname@sterrenkundeolympiade.be)

Let hierbij op de volgende punten:

- Maak de opgaven op papier (dus niet digitaal: als je elektronisch wil insturen, scan dan je antwoorden in PDF-formaat). Hierop mag je tekst schrijven, berekeningen doen, diagrammen maken of wat je zelf ook maar nodig acht om de vragen goed te kunnen beantwoorden.
- Vermeld bij het insturen van de antwoorden ook de volgende gegevens:
  - naam (op elk blad) en adres
  - telefoonnummer
  - e-mail adres
  - geboortedatum
  - naam van je school
  - adres van je school
  - leerjaar
  - studierichting
  - naam van je fysica- en aardrijkskundeleraar
  - hoe je op de hoogte bent gebracht van deze Olympiade



- 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 wilt opzoeken. Dit mag je dan ook doen waar je dat maar nuttig lijkt, maar je vermeldt best je bron hierbij. Mocht je bron foutief zijn, dan kunnen we kijken of je redenering eventueel toch correct is.
- Geef altijd een motivatie voor een antwoord. 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 bestuur van de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2010: Stijn De Jonge, Wouter Krznic, Nicki Mennekens, Toine Mercier, Frank Tamsin en Geertrui Vandist.

<http://www.sterrenkundeolympiade.be>  
[info@sterrenkundeolympiade.be](mailto:info@sterrenkundeolympiade.be)



# Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2010

## Meerkeuze vragenreeks

1. Pluto wordt sinds kort niet meer beschouwd als planeet. Dit is
  - a) omdat hij niet rond genoeg is
  - b) omdat hij zijn baan niet schoongeveegd heeft
  - c) zowel a en b
  - d) onzin
2. Vergelijken met je massa op aarde is je massa in de ruimte, ver van de sterren af
  - a) nul
  - b) verwaarloosbaar klein
  - c) hetzelfde
  - d) veel groter
3. Van energierijk naar energiearm, wat is de correcte volgorde van de volgende types elektromagnetische straling?
  - a) gammastraling, röntgenstraling, ultraviolet, optisch, infrarood, radio
  - b) radio, röntgenstraling, infrarood, gammastraling, ultraviolet, optisch
  - c) optisch, infrarood, radio, röntgenstraling, ultraviolet, gammastraling
  - d) radio, optisch, ultraviolet, infrarood, röntgenstraling, gammastraling
4. Waar/wanneer zijn de elementen H en He gevormd?
  - a) hebben altijd al bestaan
  - b) vlak na de oerknal
  - c) in sterren
  - d) op aarde
5. Waar/wanneer zijn de andere elementen lichter dan ijzer (Fe) gevormd?
  - a) vlak na de oerknal
  - b) in sterren
  - c) op aarde
  - d) tijdens supernova's
6. Waar/wanneer zijn de elementen gevormd die zwaarder zijn dan ijzer (Fe)?
  - a) op aarde.
  - b) in supernova's
  - c) in planetaire nevels
  - d) in emissienevels

7. We kunnen alleen dingen uit het verleden waarnemen omdat
- het tijd kost om de waarnemingen te verwerken
  - de lichtsnelheid eindig is
  - het heelal heel oud is
  - onze telescopen nog niet groot genoeg zijn
8. De 'terugkijktijd' (look-back time) van een object is het verschil tussen de tijd waarop een object straling uitzendt, en de tijd waarop we het waarnemen (nu). Wat beïnvloedt zeker níét de terugkijktijd van een object?
- de afstand van het object
  - de lichtsnelheid
  - de uitdijingsnelheid van het heelal
  - de golflengte van het licht
9. Vergeleken met nu had de Melkweg 3 miljard jaar geleden
- meer gas in de schijf
  - meer sterren in de halo (bol om de schijf heen)
  - meer metaalrijke sterren
  - geen zonnestelsel
10. Veronderstel dat astronauten ergens op de Maan landen op het ogenblik dat het voor aardbewoners nieuwe maan is. Welke van volgende uitspraken zou dan waar zijn?
- De Aarde zou er voor de astronauten vol uitzien (althans daar waar ze te zien is).
  - De landingsplaats zou kunnen baden in het zonlicht.
  - De landingsplaats zou volledig donker kunnen zijn.
  - De drie bovenstaande uitspraken zijn waar.
  - Geen enkele van de bovenstaande uitspraken is waar.
11. Als het equatorvlak van de Aarde niet geheld zou zijn ten opzichte van de ecliptica,
- dan zou de tijd die de Zon zich dagelijks boven de horizon bevindt het hele jaar door even lang zijn.
  - dan zouden er geen seizoenen zijn op Aarde.
  - dan zouden op de polen geen nachten van zes maanden lang voorkomen.
  - dan zijn de drie bovenstaande uitspraken waar.
  - dan is geen enkele van bovenstaande uitspraken waar.
12. Als je op Jupiter zou leven, welke van de volgende planeten zou je dan om middernacht hoog aan de hemel kunnen zien staan (in de veronderstelling dat de hemel helder zou zijn en dus ook sterren zichtbaar zouden zijn)?
- Alleen Mercurius en Venus.
  - Alleen Mercurius, Venus, de Aarde en Mars.
  - Alle planeten van het zonnestelsel behalve Mercurius en Venus (en uiteraard Jupiter zelf).
  - Alle planeten van het zonnestelsel behalve Mercurius, Venus, de Aarde en Mars (en uiteraard Jupiter zelf).

13. Stel dat er een object in het zonnestelsel zou gevonden worden dat een elliptische baan rond de Zon beschrijft met een periode van 6 jaar. Wat zou dan de gemiddelde afstand tot de Zon zijn van dit object?

- a) ongeveer 2 astronomische eenheden.
- b) ongeveer 3,3 astronomische eenheden.
- c) 6 astronomische eenheden.
- d) ongeveer 9 astronomische eenheden.
- e) 36 astronomische eenheden.

14. Welke van volgende planeten kan vanaf de Aarde (soms) als sikkelvormig waargenomen worden?

- a) Mercurius.
- b) Venus.
- c) Mars.
- d) Twee van de hiervoor genoemde planeten.
- e) Zowel Mercurius, Venus als Mars.

15. De massa van de Maan bedraagt ongeveer  $1/81$  van de massa van de Aarde. Als je je echter op de Maan zou bevinden, dan zou je maar ongeveer  $1/6$  zoveel wegen als op Aarde. Waarom weeg je op de Maan meer dan  $1/81$  dan op Aarde?

- a) De Maan is opgebouwd uit andere materialen dan de Aarde.
- b) De Maan heeft een andere dichtheid dan de Aarde.
- c) De Maan heeft geen atmosfeer en de Aarde wel.
- d) De Maan is veel kleiner dan de Aarde.
- e) Zowel antwoord a als antwoord b.

16. Welk spectrum wordt geproduceerd wanneer wit licht schijnt doorheen een koel gas?

- a) Een absorptiespectrum.
- b) Een continu spectrum.
- c) Een emissiespectrum.
- d) Elk van bovenstaande spectra.
- e) Geen enkele van bovenstaande spectra.

17. Het dopplereffect wordt gebruikt om

- a) de radiële snelheid van een ster te meten.
- b) dubbelsterren te detecteren en te bestuderen.
- c) de rotatie van de Zon te meten.
- d) twee van bovenstaande.
- e) alle bovenstaande.

18. Geluidsgolven kunnen zich niet voortplanten in een vacuüm. Hoe kunnen radiogolven dan toch door de interstellaire ruimte reizen?
- Het zijn extra krachtige geluidsgolven.
  - Het zijn geluidsgolven met een zeer hoge frequentie.
  - Radiogolven zijn helemaal geen geluidsgolven.
  - Dit is een strikvraag, want radiogolven reizen helemaal niet door de interstellaire ruimte.
  - De interstellaire ruimte is geen vacuüm.
19. In welk aspect lijkt Mars het minst op de Aarde?
- de helling van zijn equator op zijn baanvlak.
  - de rotatieperiode.
  - dat het oppervlak van Mars niet hard is.
  - zijn atmosfeer.
20. De chemische samenstelling van Jupiter lijkt het best op die van
- de Aarde.
  - de Zon.
  - Mars.
  - de Maan.
  - Venus.
21. Hoewel Titan niet veel groter is dan Mercurius, is deze satelliet van Saturnus toch in staat om een atmosfeer vast te houden, omdat
- Titan zich dicht bij Saturnus bevindt.
  - Titan een grote dichtheid heeft.
  - Titan vrij ver van Saturnus af staat.
  - Titan zich op grote afstand van de Zon bevindt.
  - Drie van bovenstaande redenen.
22. De totale lichtkracht van de Zon kan berekend worden uit volgende grootheden:
- de rotatieperiode en de temperatuur van de Zon.
  - de rotatieperiode en de diameter van de Zon.
  - de diameter van de Zon en de afstand van de Zon tot de Aarde.
  - de diameter van de Zon en de hoeveelheid ontvangen zonne-energie op de afstand van de Aarde.
  - de afstand van de Zon tot de Aarde en de hoeveelheid ontvangen zonne-energie op de afstand van de Aarde.

23. Voor volgende drie vragen gebruiken we onderstaande tabel

Ster	Schijnbare magnitude	Absolute magnitude	Afstand (in parsec)
Sirius	-1,5		2,7
Wega	0,0	0,5	
Antares	0,9	-5,1	160,0
Fomalhaut	1,15		6,9

Welke ster lijkt het zwakst voor een waarnemer op Aarde?

- Sirius
- Wega
- Antares
- Fomalhaut
- Het antwoord kan niet uit de gegeven informatie afgeleid worden.

24. Wat is ongeveer de afstand van Wega?

- 4,2 parsec
- 8,1 parsec
- 11,7 parsec
- 26,7 parsec
- De gegeven informatie volstaat niet om uit de voorgestelde alternatieven te kiezen.

25. De absolute magnitude van Fomalhaut bedraagt ongeveer

- 0,75
- 2
- 12
- 2
- 0,75

26. Waarom raken zware sterren eerder zonder waterstof in hun kern dan lichtere sterren?

- De waterstof fuseert sneller (i.e) wordt sneller in helium omgezet ten gevolge van de hogere druk in het inwendige van de ster.
- Er bevindt zich minder waterstof in de kern van een zware ster.
- De kernen van lichtere sterren bevatten een groter percentage helium, waardoor de fusie van waterstof vertraagt.
- De kernen van lichtere sterren bevatten een kleiner percentage helium, waardoor de fusie van waterstof vertraagt.
- De uitspraak is vals: zware sterren raken niet sneller zonder waterstof dan lichtere sterren.

27. De theorie voorspelt dat een neutronenster snel moet roteren, omdat

- de neutronenster een grotere snelheid heeft gekregen door de supernova explosie.

- b) de neutronenster een grotere snelheid heeft gekregen door een begeleidende ster.
- c) de neutronenster dezelfde massa behoudt wanneer ze ineenvalt.
- d) de neutronenster hetzelfde hoekmoment behoudt wanneer ze ineenvalt.
- e) De uitspraak klopt niet: er wordt helemaal niet voorspeld dat neutronensterren snel rond hun as draaien.

28. Welk van volgende soorten objecten hebben de kleinste dichtheid?

- a) hoofdreekssterren
- b) nevels
- c) pulsars
- d) rode reuzen
- e) witte dwergen

29. Als sterrenstelsel X zich vier keer verder van ons bevindt dan sterrenstelsel Y, dan is volgens de wet van Hubble, de verwijderingssnelheid van stelsel X

- a) 16 keer groter dan die van stelsel Y.
- b) 4 keer groter dan die van stelsel Y.
- c) 2 keer groter dan die van stelsel Y.
- d) 1,6 keer groter dan die van stelsel Y.
- e) niet zomaar te vergelijken met de verwijderingssnelheid van stelsel Y.

30. Het feit dat quasars kleine afmetingen hebben, valt af te leiden uit

- a) de hoeveelheid energie die ze vrijgeven.
- b) hun afstand tot ons.
- c) de snelheid van variatie van hun helderheid.
- d) een vergelijking met Cepheide veranderlijken.
- e) de grootte van hun blauwverschuiving.



Open vragenreeks I: Telescopen

a) Vergelijk het lichtverzamelend vermogen van een kleine telescoop met een objectieflens met een diameter van 10 centimeter, met dat van het menselijk oog dat volledig aan het donker is aangepast met een pupildiameter van 5 millimeter.

b) Welke van de volgende telescopen heeft het grootste lichtverzamelend vermogen?

Telescoop	Brandpuntsafstand van het oculair	Brandpuntsafstand van het objectief	Diameter van het objectief
Telescoop 1	24 mm	150 cm	12 cm
Telescoop 2	6 mm	100 cm	8 cm
Telescoop 3	18 mm	125 cm	20 cm
Telescoop 4	12 mm	90 cm	6 cm
Telescoop 5	12 mm	100 cm	10 cm

c) Welke van bovenstaande telescopen heeft de grootste vergroting?

d) Veronderstel dat je beschikt over lenzen met volgende brandpuntsafstanden:

30 centimeter

10 centimeter

3 centimeter

Indien je een telescoop zou willen construeren met een zo groot mogelijke vergroting, welke twee lenzen zou je dan gebruiken? Welke als objectief en welke als oculair?

e) Wat zou de vergroting zijn van de zopas geconstrueerde telescoop?



### Open vragenreeks II: Golflengte – Eigenbeweging

a) De golflengte van een van de meest prominente spectraallijnen van waterstof bedraagt 656,285 nanometer (dit is in het rode deel van het spectrum). In het spectrum van Regulus (de helderste ster van het sterrenbeeld Leeuw) nemen we deze spectraallijn waar op een golflengte die 0,0077 nanometer langer is. Bereken de relatieve snelheid van Regulus ten opzichte van de Aarde (langs de gezichtslijn) en bepaal of Regulus naar ons toe komt of zich van ons weg beweegt.

b) De ster van Barnard heeft een eigenbeweging van 10,3 boogseconden per jaar en bevindt zich op een afstand van 1,82 parsec. Door gebruik te maken van het dopplereffect kunnen we vaststellen dat de radiële snelheid van de ster  $-111$  kilometer per seconde bedraagt. Bereken de ruimtelijke snelheid van de ster van Barnard.



### Open vragenreeks III: Sterrenstelsels

- a) Veronderstel dat we kunnen waarnemen dat een bepaald deel van een extragalactisch sterrenstelsel roteert met een snelheid van 250 kilometer per seconde op een afstand van 40000 lichtjaar van het centrum van dit sterrenstelsel. Hoe groot is de omlooperperiode van dat deel van het sterrenstelsel?
- b) Gebruik het resultaat van de vorige vraag om de totale massa van het sterrenstelsel te berekenen binnen een straal van 40000 lichtjaar van het centrum.
- c) Uit de roodverschuiving van een erg zwakke bron leiden we af dat de verwijderingssnelheid ervan 120000 kilometer per seconde bedraagt. In de veronderstelling dat de wet van Hubble op dit object van toepassing is, bereken dan de afstand ervan.

## Open vragenreeks IV: Zwarte gaten

### Vraag 1

a) Het bestaan van een supermassief zwart gat is minder exotisch dan wel eens wordt gedacht. De gemiddelde dichtheid van een object wordt bepaald door de verhouding van zijn massa tot zijn volume. Wat is de formule voor de gemiddelde dichtheid van een bolvormig object met straal  $R$  en massa  $M$ ?

b) Druk de straal  $R$  uit in kilometer en de massa  $M$  in zonsmassa's. Hoe kan de vorige formule dan herschreven worden?

c) De straal  $R$  van een zwart gat (in kilometer) en de massa  $M$  ervan (in zonsmassa's) staan met elkaar in verband via de formule van Schwarzschild:

$$R = 3 M$$

Toon aan dat de dichtheid die nodig is om een zwart gat van massa  $M$  (in zonsmassa's) te verkrijgen, kan geschreven worden als:

$$1,8 \times 10^{19} / M^2 \text{ kg/m}^3$$

d) Welke dichtheid is nodig om een zwart gat van een miljard zonsmassa's te maken?

e) Welke dichtheid is nodig om een zwart gat van honderd miljoen zonsmassa's te maken?

### Vraag 2

a) Stel dat de zon opeens in een zwart gat verandert. Wat is het gevolg hiervan voor de beweging van de aarde rond de zon?

b) Leg uit waarom de vorige vraag hypothetisch was, en de zon in werkelijkheid nooit een zwart gat kan worden.

### Open vragenreeks VI: Dubbelsterren

In een dubbelstersysteem roteren twee sterren rond hun gemeenschappelijk massamiddelpunt. Beschouw ster 1, die een massa heeft van  $3.6 M_{\odot}$ , een straal van  $2.3 R_{\odot}$  en een temperatuur van  $12000 \text{ K}$ , en ster 2, die een massa heeft van  $0.79 M_{\odot}$ , een straal van  $3.0 R_{\odot}$  en een temperatuur van  $4500 \text{ K}$ . Het systeem staat  $93$  lichtjaar van ons af en de afstand tussen de sterren onderling bedraagt  $0.062$  astronomische eenheden. Beiden beschrijven een cirkelvormige baan in een vlak dat een hoek van  $98^{\circ}$  (= inclinatie) maakt met de verbindingslijn aarde-dubbelster.

#### Vraag 1: Mechanica

- Op welke afstand van het centrum van ster 1 bevindt zich het massamiddelpunt van het systeem?
- Wat is de duur van één rotatieperiode?
- Wat is de baansnelheid van ster 2?
- Wat is het traagheidsmoment van dit dubbelstersysteem?
- Wat is de ontsnappingsnelheid van ster 1 (verwaarloos hierbij de invloed van ster 2)?

#### Vraag 2: Eclipserende dubbelster

- Wat is de totale (door beide sterren en in alle richtingen) uitgestraalde lichtkracht?
- Indien beide sterren vanuit ons standpunt gezien naast elkaar zichtbaar zijn, wat is dan de schijnbare lichtkracht van het totale systeem (verwaarloos extinctie en bolometrische correcties)?
- Met hoeveel procent neemt deze af indien ster 1 volledig zou verduisterd worden door ster 2?
- Met welke magnitudeverandering komt dit overeen?
- Maak aan de hand van een schets een schatting van de magnitudeverandering in werkelijkheid, dit wil zeggen met de gegeven inclinatiehoek.

### Open Vragenreeks VII: Cygnus X-1

Nu gaan we de in de vorige vragenreeks opgedane kennis toepassen om te bewijzen dat het object Cygnus X-1 een zwart gat is. Gegeven is dat de dubbelster Cyg X-1 bestaat uit een zichtbare reus ( $M_1$ ) met straal  $20 R_\odot$  en massa  $30 \pm 10 M_\odot$ , en een onzichtbare component waarvan de massa  $M_2$  onbekend is. Deze laatste zendt geen zichtbaar licht uit, en is dus geen gewone ster, maar een zogenaamd compact object. Men meet wel X-stralen uitgezonden in een gebied rond deze ster, en men vermoedt dat dit het gevolg is van de overdracht van materie van de reus naar de andere ster, die zich hierrond ophoopt in een zogenaamde accretieschijf. Deze X-straling wordt ononderbroken waargenomen, met andere woorden de kleine ster wordt nooit verduisterd door de grote. De rotatieperiode  $P$  bedraagt 5.6 dagen en je mag veronderstellen dat deze circulair is.

a) Toon via een schets aan welke beperkingen er zitten op de inclinatiehoek  $i$ . Hiervoor mag je er redelijkerwijs van uitgaan dat de massa van de onzichtbare component tussen de  $0.1$  en  $100 M_\odot$  zal liggen.

b) Zoek op en leg kort uit hoe men komt aan het verband

$$\frac{PK^3}{2\pi G} = \frac{M_2^3 \sin^3 i}{(M_1 + M_2)^2}$$

waarin  $K$  de radiële snelheid van de zichtbare ster is. In het geval van Cyg X-1 bedraagt deze  $70 \text{ km/s}$ .

c) Gebruik de bovenstaande formule om in het meest extreme geval van inclinatiehoek de minimale massa van de onzichtbare component te bepalen. Tip: deze vergelijking analytisch oplossen is zeer moeilijk, je doet dit best grafisch of via een rekenblad.

d) Leg uit waarom een compact object met dergelijke massa een zwart gat moet zijn.

Dit is het einde van de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2010  
Kijk na bij uw inzending of u alle oplossingen heeft ingezonden.  
Heel veel succes!