



2009 is door de UNESCO en de IAU uitgeroepen tot het
Internationaal Jaar van de Sterrenkunde.

Ontdek de activiteiten op
<http://www.sterrenkunde2009.be/>



Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2009

30 januari 2009

Welkom bij de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2009! Zoals uitgelegd in het reglement op de website mag je deze Olympiade thuis oplossen, met alle 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 finale gaat door op zaterdag 16 mei 2009. De winnaar mag gaan waarnemen met de Mercator telescoop op La Palma (Canarische Eilanden), inclusief reis en verblijf.

Het is de bedoeling dat je de onderstaande vragen oplost en naar ons stuurt **voor 15 april 2009** op het adres:

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

Elektronisch insturen kan ook, naar 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 toets is samengesteld om de beste inzenders te kunnen selecteren en wellicht is er geen enkele inzender

die de toets perfect maakt. Kortom: ook als je maar een deel van de toets hebt kunnen maken: **stuur vooral je uitwerkingen in**, je krijgt hiervoor ook punten!

- 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 **vermeld wel altijd je bron!** Wees hierbij ook beducht voor eventueel foutieve informatie (vb. je gebruikt best niet enkel wikipedia als bron).
- 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 30 april zetten we de uitwerkingen op internet, zodat je zelf alvast kunt kijken hoe je het hebt gedaan.
- De toets wordt nagekeken door een daarvoor aangewezen commissie. Over de uitslag kan niet worden gediscussieerd.
- Als je elektronisch doorstuurt, verifiëer je best met een e-mail of we jouw bestanden hebben ontvangen, beperk zo veel mogelijk de grootte van je attachments.
- Heel veel succes!

Het bestuur van de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2009: Iwein De Baetselier, Stijn De Jonge, Wouter Krznic, Nicki Mennekens, Geertrui Vandist en Jan Vonk.

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

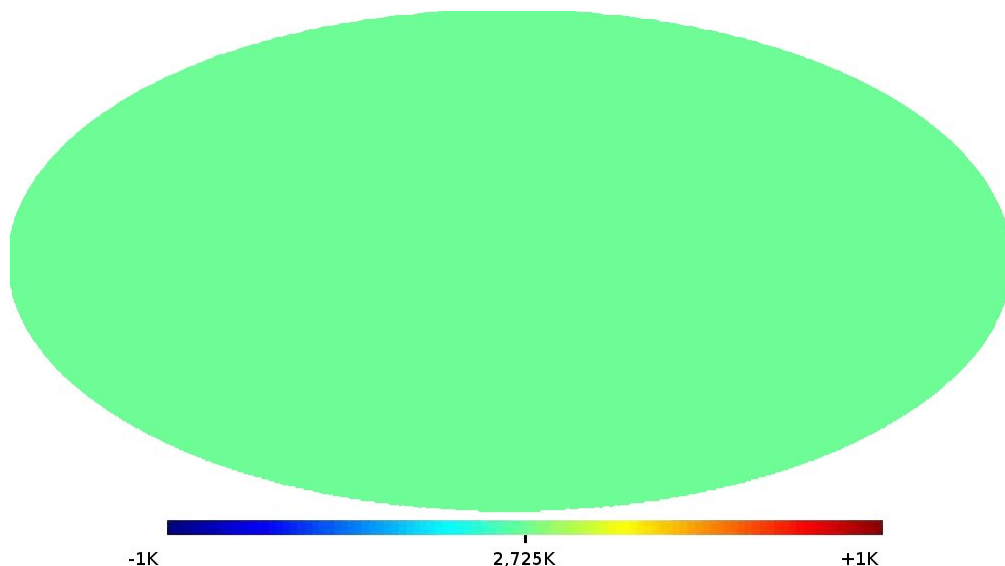
Meerkeuze opgaven

- Als twee melkwegstelsels samensmelten tot een groot stelsel, dan botsen
 - de meeste sterren
 - het gas tussen de sterren
 - zowel de sterren en het gas
 - zowel de sterren als het gas niet
- Welke van de onderstaande waarnemingen kunnen we NIET echt goed verklaren als het resultaat van interactie van melkwegstelsels (zoals samensmelten)?
 - Sommige melkwegstelsels hebben lange 'staarten' van sterren
 - Grote clusters van melkwegstelsels worden overheerst door reusachtige elliptische stelsels in hun centrum
 - Er zijn zowel spiraalstelsels als elliptische stelsels zichtbaar op grote afstand
 - Sommige stelsels ondergaan een 'burst' van stervorming
- Jupiter straalt meer licht uit dan hij ontvangt van de zon. Dit komt doordat
 - hij nog steeds samentrekt sinds zijn vorming
 - er nucleaire splijtingsreacties plaatsvinden
 - zowel a en b
 - er nucleaire fusiereacties plaatsvinden
- Waarom is het moeilijk om water in hemellichamen te detecteren?
 - Er is geen water buiten de aarde
 - Water heeft geen dipoolmoment
 - Er zit water in de dampkring dat ons zicht blokkeert
 - Het spectrum van watermoleculen is te gecompliceerd
- Onweerswolken zijn vaak statisch geladen, het ontstaan van een bliksemschicht wordt meestal veroorzaakt door
 - de hamer van Zeus
 - hoog energetische fotonen uit de ruimte
 - hoog energetische elektronen uit de ruimte
 - hoog energetische protonen uit de ruimte
- De getijdekrachten van de maan laten de aarde langzamer draaien en zullen van de maan
 - de omloopsnelheid verlagen en haar afstand vergroten
 - de omloopsnelheid verlagen en haar afstand verkleinen
 - haar rotatiesnelheid doen afnemen
 - niets veranderen
- De verhouding tussen (1) de afstand van ons Melkwegstelsel tot het dichtstbijzijnde andere grote melkwegstelsel (Andromeda) en (2) de afstand van de zon naar de dichtstbijzijnde ster is ongeveer een factor
 - honderd
 - duizend
 - miljoen
 - miljard
- Welke vorm van straling proberen sterrenkundigen NIET waar te nemen?
 - elektromagnetische straling
 - kosmische straling
 - zwaartekrachtstraling
 - aardstralen

9. Neutronensterren hebben rotatieperiodes van de orde van een seconde. Waarom roteren neutronensterren zo snel?
- Omdat ze massa behouden tijdens het instorten
 - Omdat ze impulsmoment behouden tijdens het instorten
 - Omdat ze heel compact zijn
 - Die snelheid hebben ze meegekregen bij de supernova-explosie
10. De diameter van de maan is ongeveer 400 keer kleiner dan die van de zon, maar ze staat ook ongeveer 400 keer dichterbij de aarde. Daardoor kan een totale zonsverduistering optreden wanneer de maan tussen de zon en de aarde in staat. De totale zonsverduistering van 22 juli 2009 is de langste van de 21ste eeuw en zal maximaal 6m39s duren. Een totale zonsverduistering duurt het langst indien
- de aarde het dichtst bij de zon staat en de maan het dichtst bij de aarde
 - de aarde het verst van de zon staat en de maan het dichtst bij de aarde
 - de aarde het dichtst bij de zon staat en de maan het verst van de aarde
 - de aarde het verst van de zon staat en de maan het verst van de aarde
11. Kosmische Achtergrondstraling

In de sterrenkunde karakteriseren we vaak licht naar de temperatuur van het object dat het heeft uitgezonden. Zo zouden we van zonlicht kunnen zeggen dat het “6000 graden” is, omdat de fotosfeer van de zon (waar het zonlicht vandaan komt) ongeveer die temperatuur heeft. Het verste licht dat we kunnen zien is ongeveer 300 000 jaar na de Oerknal ontstaan, dit licht noemen we de ‘Kosmische Achtergrondstraling’, het heelal had toen een temperatuur van ongeveer 3000K.

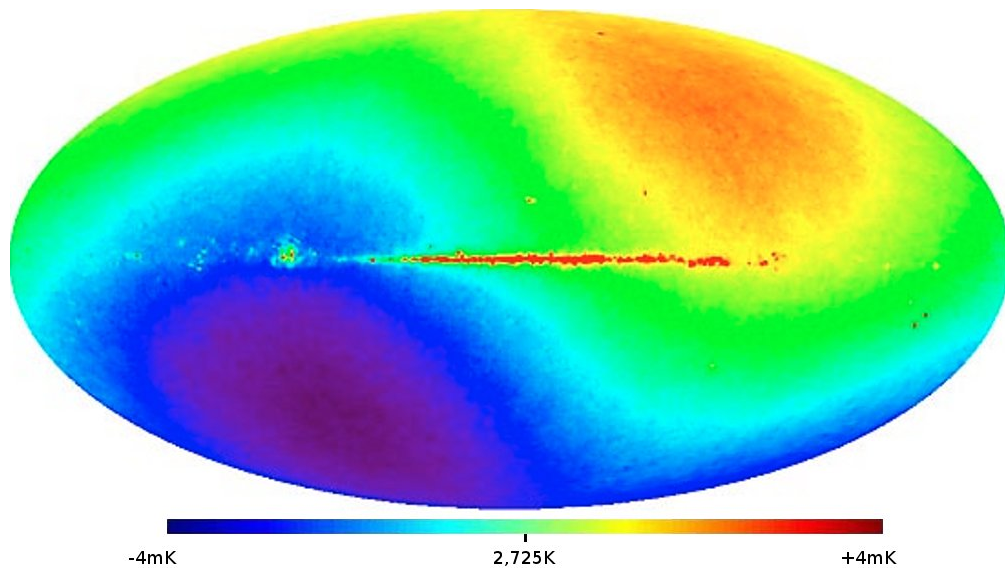
In onderstaande figuur zie je de achtergrondstraling zoals we die nu zien. De kaart is van de volledige hemel, ‘opgevouwen’ tot een ellips. De straling heeft een temperatuur van 2,73K, en verschillen tot 1 Kelvin zijn aangegeven.



Hoe komt het dat de achtergrondstraling nu niet ongeveer 3000K meer is, maar 2,73K?

- De fotonen zijn moe geworden omdat ze 13 miljard jaar hebben gereisd.
- Door de uitdijing van het heelal zijn ze energie kwijtgeraakt.
- De fotonen zijn door vele botsingen het meeste van hun energie kwijt geraakt.
- De atmosfeer van de aarde zorgt ervoor dat de straling alleen maar afgekoeld *lijkt*.

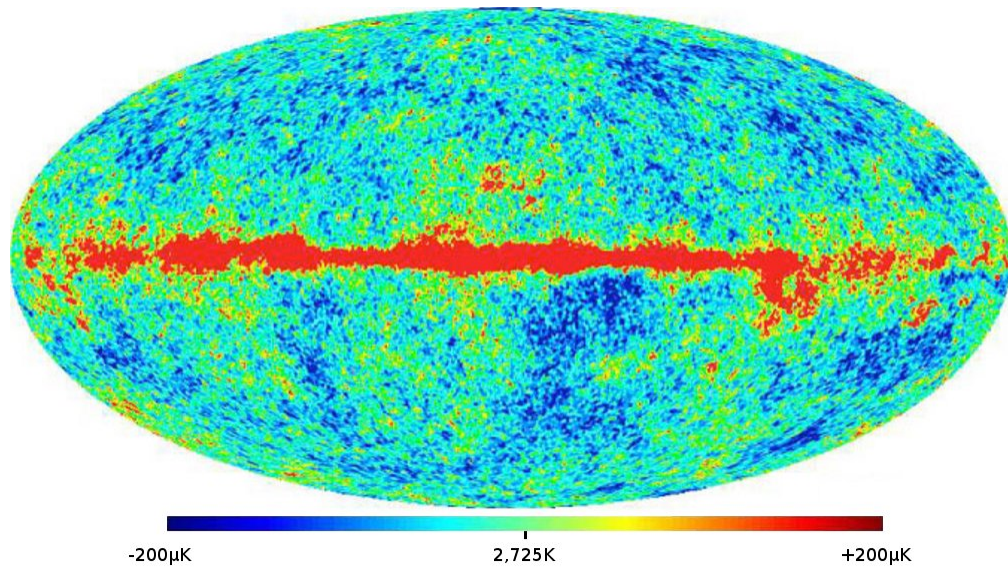
12. In de onderstaande figuur zien we de achtergrondstraling wat beter, nu zijn temperatuurverschillen van enkele duizendsten Kelvin aangegeven.



De rode streep in het midden wordt in de volgende vraag behandeld. Let hier op de algemene kleurverschillen. Je ziet nu heel duidelijk een koudere plek (blauw: 2,70K) en een warmere (rood: 2,76K); dit noemen we de 'dipool'. Alhoewel het misschien lastig te zien is in deze projectie, staan ze recht tegenover elkaar aan de hemel. Wat betekent dit?

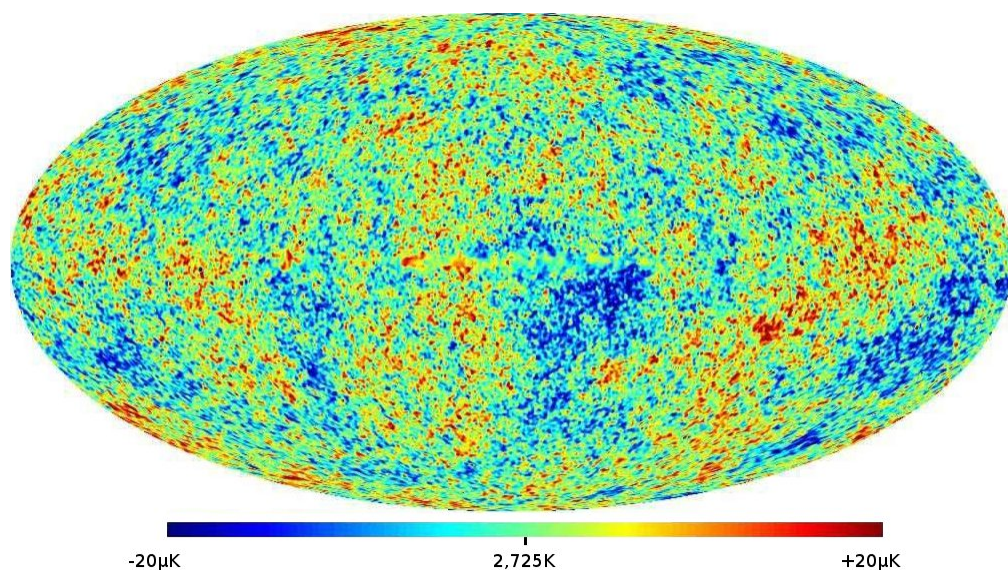
- De rotatie-as van de aarde gaat precies door deze twee punten, de rotatie van de aarde veroorzaakt dit.
- Het heelal was ten tijde van de Big Bang aan een kant warmer dan aan de andere.
- De zon beweegt in de richting van de warme plek.
- Het magnetveld van de zon versterkt de straling aan de ene kant van het zonnestelsel en zwakt het af aan de andere.

13. In de onderstaande figuur hebben we de dipool afgetrokken, nu kunnen we temperatuursveranderingen van 10 microkelvin zien (daarvan zag je er al een paar in het vorige plaatje).



We zien nu een enorme rode band over heel de hemel. De projectie is zo georiënteerd dat de band precies horizontaal loopt, bij een andere projectie zou die met een kromming lopen. Wat is deze straling?

- a. Dit is (vooral) straling van de Oerknal, in een bepaalde schijf (waar wij in zitten) was het warmer.
 - b. Dit is (vooral) straling van de Melkweg.
 - c. Dit is (vooral) straling van ons zonnestelsel (inclusief de Oortwolk).
 - d. Dit is (vooral) door mensen geproduceerde straling afkomstig vanaf de aarde zelf.
14. De rode band in het vorige plaatje kunnen we ook aftrekken, dan krijgen we onderstaande figuur. Hier kunnen we temperatuursverschillen tot microkelvins zien.



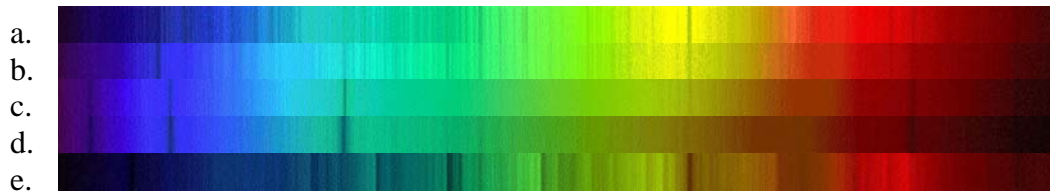
Wat betekent het dat er buiten de effecten van de eerdere vragen slechts op microschaal temperatuursverschillen in de achtergrondstraling aanwezig zijn?

- a. Dat het heelal ten tijde van de Big Bang bijna helemaal homogeen was.
 - b. Dat het heelal zo snel expandeert dat er vrijwel geen verschillen zichtbaar zijn.
 - c. Dat in de loop van de geschiedenis het heelal homogeen geworden is door effecten van gravitatie.
 - d. Dat er veel interferentie van televisie- en telefoonmasten en andere menselijke bronnen is.
15. Volgens 'Olbers' Paradox' zul je 's nachts in elke richting van de hemel wel een ster tegenkomen als je goed genoeg kijkt. Toch is het 's nachts donker, dit komt omdat het heelal
- a. oneindig groot en erg leeg is
 - b. snel uitdijt, dus ver weg gelegen sterren zijn roodverschoven
 - c. zo jong is dat alleen sterren tot een bepaalde afstand zichtbaar zijn
 - d. zowel b en c
16. Om de afstand tot andere melkwegstelsels te bepalen kunnen we het beste kijken naar objecten waarvan we de volgende eigenschap weten:
- a. de helderheid
 - b. de kleur
 - c. de massa
 - d. de omloopsnelheid om het centrum van het stelsel
17. Welke objecten kunnen we zeker NIET gebruiken om de afstand tot een ander melkwegstelsel te bepalen?
- a. Globular Clusters, die zijn te warm en 'pluizig'
 - b. Witte dwergen, die zijn te zwak
 - c. Pulserende variabele sterren, die zijn te variabel
 - d. Supernova's, die bestaan niet lang genoeg
18. Hoeveel sterren zoals de zon zijn nodig om net zoveel vermogen uit te stralen als een ster van 30 000 Kelvin?
- a. 5
 - b. 27
 - c. 142
 - d. 740

2. Spectra van sterren

Elke ster heeft een bepaalde kleur. Toch zendt een ster in alle golflengten licht uit. Een deel van het licht wordt echter geabsorbeerd door elementen die in de fotosfeer van de ster zitten. Zo neemt waterstof vooral blauw licht op en natrium vooral geel.

Hieronder staat een aantal spectra van verschillende sterren. Zet deze sterren op volgorde van massa, van licht naar zwaar.



3. Habitable Zone

Planeten worden opgewarmd door de energie die hun ster uitstraalt. Hoe verder een planeet van de ster af staat, hoe kouder het is op die planeet. Om leven op een planeet mogelijk te maken is er in ieder geval vloeibaar water nodig. Het gebied waar dit mogelijk is heet de 'Habitable Zone'.

Als de temperatuur op een planeet constant blijft (gemiddeld over een jaar is dat meestal zo), dan straalt de planeet alle energie die zij ontvangt ook weer uit. Wat dat betreft kunnen we aannemen dat de planeet een zwart lichaam is.

Een planeet met straal R draait op een afstand d om een ster met lichtkracht L (eenheid Watt of J/s). De planeet heeft een albedo A . Het albedo geeft aan hoeveel van het licht (en dus energie) meteen wordt weerkaatst op de planeet. Een albedo van 0,3 betekent dat slechts 70% van het licht wordt geabsorbeerd (albedo is eenheidsloos).

- a. Hoeveel energie E_{in} ontvangt de planeet per seconde van de ster?

Hint: Reken eerst uit hoeveel energie er per vierkante meter (per seconde) op een afstand van de ster arriveert. Bereken dan hoeveel energie een object ter grootte van de planeet zal opnemen. Tenslotte corrigeer je dit getal met het albedogehalte van de planeet.

- b. Als je aanneemt dat de planeet een zwart lichaam is van temperatuur T , wat is dan de hoeveelheid energie E_{out} die de planeet uitstraalt?

Bepaal een formule voor de temperatuur van de planeet.

- c. Bereken wat volgens deze formule de temperatuur op aarde is. Vul voor de aarde de volgende getallen in:

$$d = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$L_{zon} = 3.8 \times 10^{26} \text{ W}$$

$$A_{aarde} = 0.3$$

$$R_{aarde} = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$$

- d. Is er vloeibaar water op aarde mogelijk volgens deze berekening?

Als je hebt berekend dat vloeibaar water niet kan bestaan, leg dan uit waarom het er toch is.

4. Sterrenkundige observaties

- Hoeveel boogminuten legt de aarde elke minuut af op haar baan rond de zon?
- Wat is de hoogte van de zon als een vertikaal object een schaduw werpt die even lang is als de hoogte van het object?
- In welke omstandigheden wijzigt de hoogte van de sterren boven de horizon niet in de loop van een dag?
- Voor een waarnemer op één van de geografische polen van de aarde bevindt de zon zich een half jaar boven en een half jaar onder de horizon. Hoe zit dat met de maan?
- Als de maan op aarde opkomt, duurt het minstens twee minuten vooraleer de maan volledig boven de horizon is. Hoe lang duurt het voor een waarnemer op de maan vooraleer de aarde volledig boven de horizon staat?
- Het wolkendek van Venus is dermate dik dat je van op Venus onmogelijk sterren kan zien. Kan een waarnemer op het Venusoppervlak zeker zijn dat de planeet rond haar as draait? Indien ja, valt dan ook de rotatiezin te bepalen?
- Als er een totale maansverduistering is op aarde, wat neemt een waarnemer op de maan dan waar?
- Hoe komt het dat (overal) op het noordelijk halfrond totale zoneclipsen meer voorkomen in de zomer dan in de winter?
- Tijdens de eerste ronde van de Vlaamse Wiskunde Olympiade 2009 werd volgende vraag gesteld: "Een klein muntstuk met straal r rolt zonder glijden rond een groot muntstuk met straal R dat niet beweegt. De straal R is een geheel veelvoud van r . Het klein muntstuk maakt hierbij een volledige omwenteling rond het groot muntstuk. Het aantal keer dat het klein muntstuk dan volledig om zijn middelpunt is gedraaid, is gelijk aan ...". Het juiste antwoord is $1 + R/r$.
 - Hoe zou dit model vertaald kunnen worden naar de beweging van de aarde rond de zon?
 - Verklaar de verschillende punten waarop dit model faalt.
 - Is er een aanpassing van het model denkbaar die beter aansluit bij de beweging van de aarde rond de zon?

5. Spectraaltypes

Sterrenkundigen gebruiken een heel oude manier om de helderheid van hemellichamen aan te duiden. De oude Grieken duiden de helderste sterren op de hemelbol aan met de “eerste magnitude” ($m = 1$), de iets minder heldere met $m = 2$ en de zwakste met het blote oog zichtbare sterren met magnitude 6. Met moderne telescopen kunnen we veel zwakkere objecten zien tot magnitude 26 en nog veel verder. De zon en de maan lijken veel helderder dan de helderste ster aan de hemel en hebben daarom zelfs een negatieve magnitude (respectievelijk -26 en -13). Dit zijn schijnbare magnituden, d.w.z. zoals wij ze op aarde aan de hemel zien.

Gezien niet alle hemellichamen even ver van ons af staan, lijken degene die dichtbij staan helderder dan zij die verder weg staan. De helderheden zoals wij ze zien vanop aarde is de schijnbare magnitude (aangeduid met kleine letter ‘m’). De absolute magnitude (aangeduid met hoofdletter ‘M’) is de helderheid van de objecten indien ze allemaal op eenzelfde afstand (10 parsec, ~ 32 lichtjaar) zouden staan.

Behalve een (schijnbare en absolute) magnitude hebben sterren ook een spectraaltipe. Dat is een letter en cijfer (bv. M0) waarmee de sterren in groepjes van ongeveer dezelfde temperatuur en kleur worden geplaatst. Tenslotte is er ook nog de lichtkrachtklasse van de ster, die met een Romeins cijfer (bv. V) aanduidt in welke evolutiefase deze zich bevindt.

Gegeven zijn spectraaltipe, lichtkrachtklasse en schijnbare visuele magnitude voor vijf sterren: (M0 I, 22); (B7 V, 15); (A0 V, 5); (G0 V, 5); (M0 V, 5). Gevraagd (met verantwoording):

- Welke ster heeft de hoogste temperatuur?
- Welke ster is de koelste ster?
- Welke is de witte ster?
- Welke is de visueel zwakste ster?
- Welke ster heeft de grootste intrinsieke helderheid?
- Welke ster heeft de grootste straal?
- Welke ster lijkt het meest op de zon?
- Welke ster is het dichtst bij ons gelegen?
- Welke ster is het verst van ons verwijderd?

6. Exoplaneten

Sterrenkundigen hebben in de afgelopen decennia een aantal ‘trucs’ bedacht om de aanwezigheid van exoplaneten op indirecte wijze te meten.

- Waarom is het zo moeilijk om exoplaneten direct te detecteren?
- Stel: lichtkracht van ster = $2 L_{\text{zon}}$; afstand = d ; type ster = F. Wat is dan de afmeting (diameter) van deze ster?
- Stel dat je een lichtkrachtverandering van 1% kan meten vanaf de aarde. Hoe groot moet een planeet bij deze ster dan zijn om haar te kunnen detecteren met de eclipsmethode?

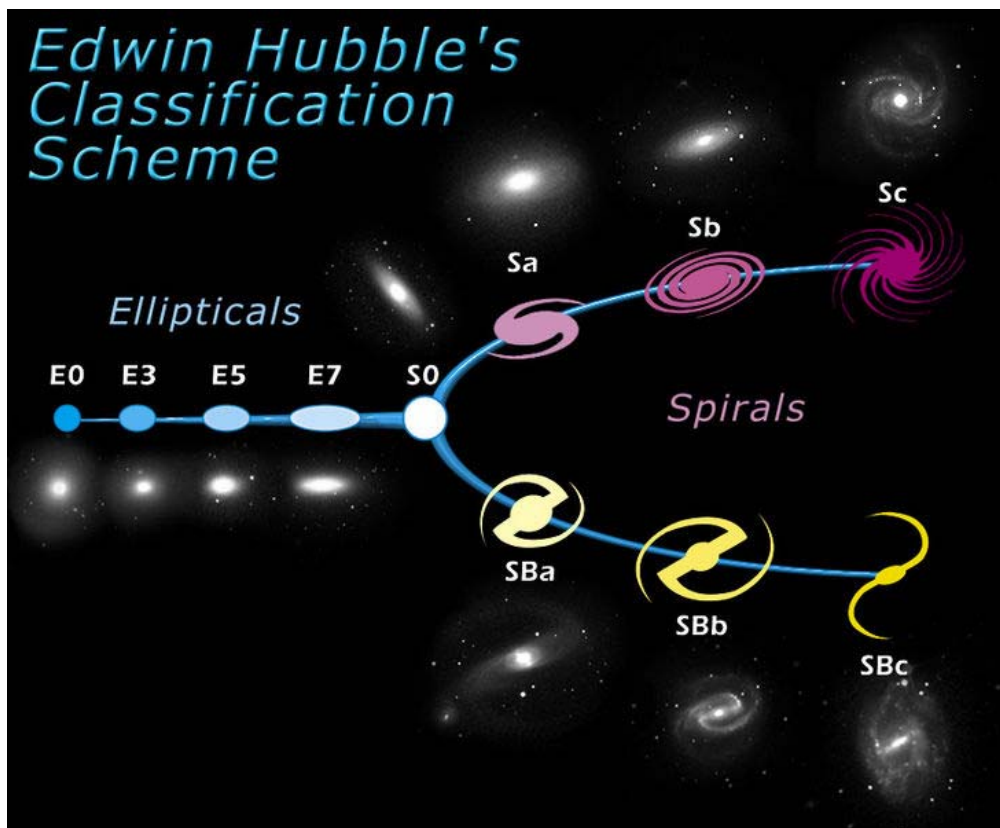
7. Hertzsprung-Russell-diagram

De ster Rigel heeft een absolute magnitude $M = -7,4$ en is van spectraaltype B8.

- Schets een Hertzsprung-Russell-diagram en duid de positie van Rigel aan.
- Welke kleur heeft Rigel? Verklaar.
- Maak een behoorlijke schatting voor de temperatuur van Rigel en verklaar deze schatting.
- De afstand van Rigel is niet helemaal nauwkeurig bepaald. Hierdoor wordt de positie van Rigel in het Hertzsprung-Russell-diagram een beetje onzeker. In welke richting zal Rigel in het diagram dus eventueel moeten verplaatst worden, horizontaal of verticaal? Verklaar.

8. De Melkweg

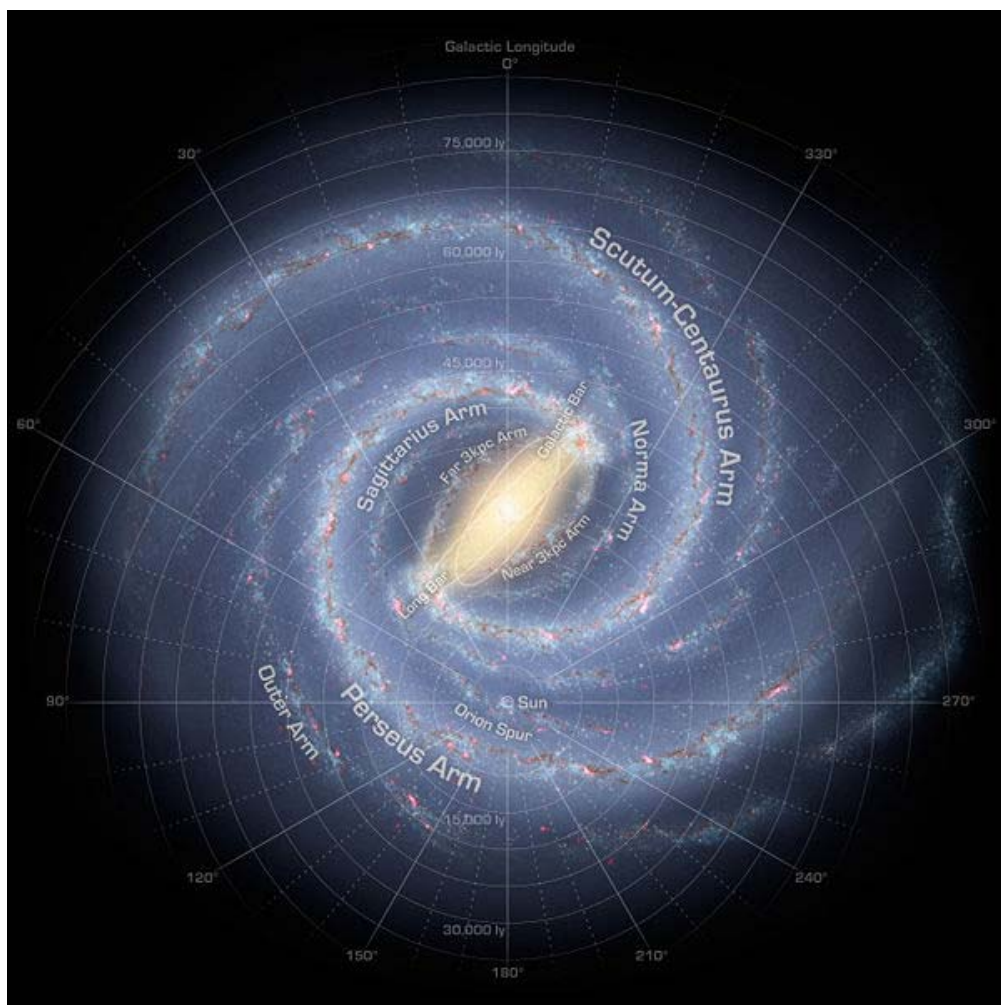
Een sterrenstelsel, ook wel galaxie of melkweg genaamd, is een grote verzameling sterren (typisch zo'n 100 miljard) die bij elkaar worden gehouden door de zwaartekracht. Het bekendste voorbeeld van een sterrenstelsel is de Melkweg, waar onze eigen zon deel van uitmaakt. De Melkweg is een platte schijf, met een veel kleinere dikte dan diameter, die iets dikker wordt nabij het centrum. Alle individuele sterren die je 's nachts kunt zien bevinden zich in onze eigen Melkweg. Op zeer donkere plaatsen (helaas nog nauwelijks terug te vinden in de Lage Landen) kun je het vlak van de Melkweg zien als een heldere 'band' die de hemel in tweeën snijdt. De Melkweg is slechts één van de circa 100 miljard sterrenstelsels, samen dus goed voor zo'n 10^{22} sterren.



NASA

De bekende astronoom Edwin Hubble heeft destijds een classificatiesysteem opgesteld voor sterrenstelsels, de zogenaamde Hubble Tuning Fork. Hierbij worden stelsels in de eerste plaats opgedeeld volgens hun vorm (elliptisch of spiraalvormig), en daarna nog verfijnd volgens andere eigenschappen. Onze Melkweg houdt het midden tussen een SBb en SBc stelsel. Op de website <http://www.galaxyzoo.org/> kan je zelf de wetenschap helpen door sterrenstelsels volgens dit schema in te delen. Er zijn namelijk veel meer plaatjes van sterrenstelsels gemaakt dan wetenschappers kunnen bijhouden, en computers slagen er nog steeds niet in om een dergelijke indeling foutloos te doen.

Onze zon heeft niet zo'n bijzondere plaats in onze Melkweg. Ze bevindt zich in het vlak van de schijf, op 26 000 lichtjaar van het centrum, terwijl de straal van het stelsel 50 000 lichtjaar bedraagt. In het centrum van de Melkweg bevindt zich een supermassief zwart gat, met maar liefst 3,7 miljoen keer de massa van de zon.



NASA/JPL-Caltech/R. Hurt

Individuele sterren beschrijven in benadering een eenparig cirkelvormige beweging rondom het middelpunt van het melkwegstelsel. Beschouw een ster met massa m die zich op een afstand R van het middelpunt bevindt. Stel de totale massa, aanwezig in een sfeer met straal R rondom het middelpunt, gelijk aan M .

Zwaartekracht

- a. Wat is dan de centripetale (middelpuntszoekende) kracht die de beschouwde ster ondervindt volgens de gravitatiewet van Newton?
- b. Wat is de centripetale versnelling, in functie van de baansnelheid v , die de beschouwde ster moet ondervinden om een eenparige cirkelbeweging te beschrijven?
- c. Door beide vorige antwoorden te combineren is het mogelijk om v uit te drukken als functie van enkel R en M . Doe dit.

Centrum Melkweg

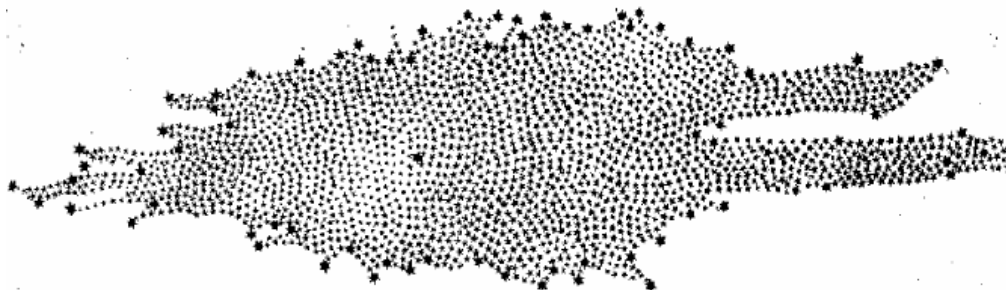
- d. Een ster in het centrum van de Melkweg draait met 66km/s rond langs een cirkel met straal 1 parsec ($\sim 3,3$ lichtjaar). Hoeveel massa omsluit de baan?
- e. Kan dit of moet dit een zwart gat zijn? Waarom?

Midden Melkweg

- f. Maak de veronderstelling dat de materie in de schijf van de Melkweg evenredig verdeeld is. Bereken dan met de bovenstaande formule de baansnelheid van de zon rond het centrum van de Melkweg.
- g. Deze veronderstelling is echter niet helemaal juist. De werkelijke baansnelheid van de zon is 250km/s. Wat is dan de periode van de rotatie rond het galactisch centrum? Hoeveel keer heeft de zon deze cirkel al afgelegd sinds haar ontstaan?

Rand Melkweg

- h. Gebruik de eerder afgeleide formule om de theoretische baansnelheid te berekenen van een deeltje dat zich aan de rand van de Melkweg bevindt.
- i. In werkelijkheid blijkt dat de waargenomen baansnelheid voor sterren ver van het centrum veel groter is dan men via deze theoretische redenering zou verwachten. Waar wijst dit op en wat is hier de mogelijke oorzaak van? Hint: dit probleem staat in de (astro)fysica bekend als het probleem van de *missing mass*.
- j. De 18e eeuwse Britse astronoom William Herschel, de ontdekker van Uranus, stelde op basis van waarnemingen al een 'landkaart' op van onze Melkweg. Deze is hieronder weergegeven. Het dikkere puntje nabij het midden stelt de zon voor. Bespreek wat juist en fout is aan dit model.



W. Herschel

EINDE VAN DE OLYMPIADE

Let erop dat je bij het insturen van je antwoorden je naam (op elk blad) en je adres vermeldt, zodat we contact met je kunnen opnemen!

Onze dank aan de organisatoren van de Nederlandse Sterrenkunde Olympiade 2009 (<http://www.sterrenkundeolympiade.nl>) voor de samenwerking bij het opstellen van de vragen.

En veel succes met de uitslag!