

Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2024

30 januari 2024

Welkom bij de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2024! 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 4 mei 2024. De winnaar mag – naar keuze – gaan waarnemen met de Mercatortelescoop op La Palma (Canarische Eilanden), inclusief reis en verblijf, of wordt de trotse eigenaar van een Celestron NexStar 8SE telescoop (of gelijkaardig).

Het is de bedoeling dat je de onderstaande vragen oplost en je antwoorden aan ons bezorgt, uiterlijk op **1 april 2024** (om 23.59 h). Dit kan elektronisch via e-mail naar deelname@sterrenkundeolympiade.be of per post naar het adres:

Vlaamse Sterrenkunde Olympiade
Vereniging Voor Sterrenkunde
Zeeweg 96
8200 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 eigenlijk afgeraden), 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.
- Schrijf alle antwoorden duidelijk en overzichtelijk op. Zorg ervoor dat je antwoorden duidelijk leesbaar zijn. Let ook op het gebruik van de juiste eenheden.

- 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 eraan 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 keren 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 van overtuigd dat er toch meerdere goede alternatieven zijn, leg dan zeker uit waarom. Bij het beoordelen van de antwoorden is er geen giscorrectie van toepassing.
- 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 2024: Jelle Dhaene (Cozmix), Tinne Pauwels (KU Leuven), Frank Tamsin (VVS), Stefan van der Giessen (UGent), Cassandra Van der Sijpt (KU Leuven).

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



Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2024

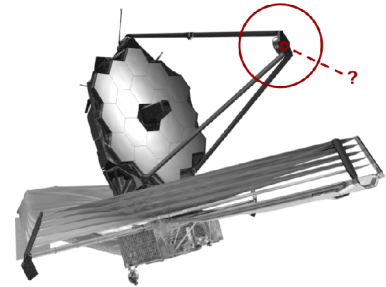
Deelnameformulier

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:	naam:
	e-mail:
Leraar aardrijkskunde:	naam:
	e-mail:
Leraar wiskunde:	naam:
	e-mail:
Hoe werd je op de hoogte	.....
gebracht van de	.....
Sterrenkundeolympiade:	.....

Meerkeuze vragenreeks

1. Wat is de naam van de JWST-component die hiernaast is aangeduid?

- a) Primaire spiegel
- b) Secundaire spiegel
- c) Optisch subsysteem
- d) Antenne
- e) Geen van bovenstaande



2. Beschouw een hypothetische planeet die rond de Zon draait met een hellingshoek i (hoek tussen de rotatie-as en de normaal op het baanvlak). Veronderstel dat een jaar op deze planeet veel langer duurt dan een dag. Definieer een ‘tropisch’ gebied op de planeet als een gebied waar de Zon ergens in de loop van de omlooperperiode het zenit bereikt. Definieer een ‘ijskoud’ gebied op de planeet als een gebied waar gedurende minstens een dag de Zon nooit opkomt. Wat is de minimumwaarde van i waarvoor er een locatie op de planeet bestaat die zowel tropisch als ijskoud is?

- a) 0°
- b) 30°
- c) 45°
- d) 60°
- e) 90°

3. Welk astronomisch begrip is de algemene term voor drie hemellichamen die zich op één rechte lijn ten opzichte van elkaar bevinden?

- a) Conjunctie
- b) Eclips
- c) Transit
- d) Syzygie
- e) Kwadratuur

4. Visuele aurora of poollicht is een spectaculair verschijnsel dat bestaat uit lichtende bogen, stralen en banden aan de nachthemel en is vooral waarneembaar op hogere geografische breedtes. Deze aurorae situeren zich in de

- a) troposfeer;
- b) stratosfeer;
- c) ozonlaag;
- d) ionosfeer.
- e) mesosfeer.

5. De Zon gaat onder in Londen (51°30' NB, 0°08' WL) om 21.00 h UT. Hoe laat gaat diezelfde dag de Zon onder in Cardiff (51°30' NB, 3°11' WL)?

- a) 21.12 h UT.
- b) 21.00 h UT.
- c) 20.48 h UT.
- d) 20.58 h UT.
- e) 21.03 h UT.

6. We beschouwen twee objecten met gelijke massa. Als we de afstand tussen de beide objecten verdubbelen, met welke factor neemt de zwaartekracht tussen de twee objecten dan af?

- a) $1/\sqrt{2}$
- b) $1/2$
- c) $1/4$
- d) $1/8$
- e) De zwaartekracht neemt helemaal niet af; die blijft precies dezelfde.

7. Welk van de volgende sterrenbeelden staat niet op het afgebeelde stuk van de sterrenhemel?

- a) Maagd
(Virgo)
- b) Zuiderkruis
(Crux)
- c) Wolf
(Lupus)
- d) Weegschaal
(Libra)
- e) Noorderkroon
(Corona
Borealis)



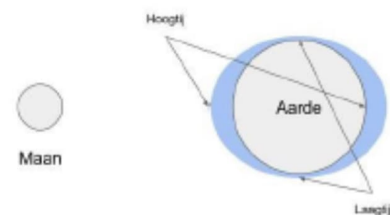
8. Dubhe (declinatie $\delta = 61,75^\circ$) is een ster in het sterrenbeeld Ursa Major Grote Beer). Gevraagd is of deze ster circumpolair is, respectievelijk vanuit de stad San Francisco (op $37,7^\circ$ noorderbreedte) van vanuit de stad Miami (op $25,8^\circ$ noorderbreedte)?

- a) Ja – ja
- b) Ja – nee
- c) Nee – ja
- d) Nee – nee
- e) Er is meer informatie nodig om dit te kunnen bepalen.

9. Planeet Negen is een hypothetische planeet in de buitenste regionen van zonnestelsel, ergens tussen 400 en 800 AE van de Zon. Welke van de volgende opties is een mogelijke omlooptijd voor Planeet Negen?

- a) 71,1 jaar
- b) 600 jaar
- c) 1500 jaar
- d) 15000 jaar
- e) 360000 jaar

10. De getijden van de zeeën op de Aarde worden voornamelijk beïnvloed door de Maan, zoals te zien is in de figuur. De hoogtij aan de kant van de Maan wordt direct veroorzaakt door de aantrekkingskracht van de Maan. Maar waardoor wordt de hoogtij aan de andere kant van de Aarde veroorzaakt?



- a) Centrifugale kracht veroorzaakt door de Aarde en de Maan die om een gemeenschappelijk punt heen draaien.
- b) De Maan staat verder van de verre kant van de Aarde waardoor er minder kracht op het water wordt uitgeoefend.
- c) De aantrekkingskracht van de Zon.
- d) De draaiing van de Aarde om haar eigen as.
- e) De tekening is misleidend: op dat ogenblik is er helemaal geen hoogtij aan de andere kant van de Aarde.

11. Een dubbelstersysteem heeft twee componenten A en B. Ster A heeft 5 keer de massa van de Zon en ster B heeft dezelfde massa als de Zon. Aannemende dat beide sterren cirkelvormige banen beschrijven, hoeveel keer dichterbij het massacentrum bevindt ster A zich dan bij ster B?

- a) 1 keer.
- b) 3 keer.
- c) 5 keer.
- d) 10 keer.
- e) 25 keer.

12. Een planeet beweegt in een elliptische baan rond een ster. Laat r_{min} de minimale afstand van de planeet tot de ster zijn, en laat r_{max} de maximale afstand van de planeet tot de ster zijn. Stel dat $r_{max} = 4 r_{min}$. Gedurende welk percentage van de omlooperperiode is de planeet minstens $2,5 r_{min}$ verwijderd van de ster?

- a) 23%
- b) 50%
- c) 57%
- d) 69%
- e) 77%

15. Wetenschappers detecteren géén CH_3OH en géén NH_3 in de atmosfeer van een zogenoemde sub-Neptunus exoplaneet. Op welk type planeetoppervlak lijkt dit het meest te wijzen?

- a) Ondiep oppervlak
- b) Wateroceanen
- c) Droog oppervlak
- d) Methaanoceanen
- e) Geen van bovenstaande

16. Als de Aarde de dichtheid van een neutronenster zou hebben, wat zou dan de diameter van de Aarde zijn (in de veronderstelling dat de massa van de Aarde ongewijzigd blijft)?

- a) Tussen 1 en 100 meter
- b) Tussen 100 en 500 meter
- c) Tussen 500 en 1000 meter
- d) Tussen 1000 en 5000 meter
- e) Meer dan 5000 meter

17. Beschouw een telescoop met brandpuntsafstand $f = 1$ meter en openingsverhouding $f/9$, die werkt bij de zichtbare golflengte $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$). Wat is de grootste mogelijke afstand waarop een open sterrenhoop met een straal $R_C = 4,1$ parsec kan worden onderscheiden door deze telescoop?

- a) $1,2 \cdot 10^6 \text{ pc}$
- b) $1,5 \cdot 10^6 \text{ pc}$
- c) $3,0 \cdot 10^6 \text{ pc}$
- d) $4,2 \cdot 10^6 \text{ pc}$
- e) $5,8 \cdot 10^6 \text{ pc}$

18. Beschouw een hoofdreeksster met een massa van $9,1 \cdot 10^{29} \text{ kg}$. In deze ster is de proton-proton-cyclus actief, die werkt met een efficiëntie van $\varepsilon = 0,7\%$. De waterstof- en heliumfracties (in massa) van deze ster aan het begin van haar leven bedragen $f_H = 0,71$ en $f_{\text{He}} = 0,22$.

Veronderstel dat de ster dezelfde lichtkracht heeft als onze Zon en dat alle waterstof voor fusie kan worden gebruikt. Wat is dan de levensduur van deze ster?

- a) $3,3 \cdot 10^{17} \text{ s}$
- b) $1,1 \cdot 10^{18} \text{ s}$
- c) $1,5 \cdot 10^{18} \text{ s}$
- d) $1,5 \cdot 10^{20} \text{ s}$
- e) $2,2 \cdot 10^{22} \text{ s}$

19. De exoplaneet HD 209458b heeft een straal van 1,35 Jupiter-stralen, terwijl de straal van de ster HD 209458 zelf 1,20 keer de straal van onze Zon bedraagt. Wat is de transitdiepte (in procent) van HD 209458b?

- a) 0,013%
- b) 0,13%
- c) 1,3%
- d) 13%
- e) 100%

20. Naarmate het leven van een ster vordert, worden er zwaardere elementen geproduceerd. De elementen vormen aldus lagen in de ster. In welke volgorde komen we die tegen (beginnend bij de buitenste laag)?

- a) $H \rightarrow He \rightarrow Li \rightarrow N \rightarrow O \rightarrow Si \rightarrow Fe$
- b) $H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow Ne \rightarrow Si \rightarrow Fe$
- c) $H \rightarrow He \rightarrow Li \rightarrow O \rightarrow Ne \rightarrow Si \rightarrow Fe$
- d) $H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow N \rightarrow O \rightarrow Si \rightarrow Fe$
- e) $H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow Li \rightarrow Si \rightarrow Fe$

21. Beschouw het volgende weinig opbeurende scenario. De Zon is een rode reus geworden en haar straal verdubbelt elke 100 jaar. Dit zou de mensheid uiteraard zorgen baren. Onder andere volgende fenomenen zouden zich voordoen:

(I) De Aarde zal door de Zon opgeslokt worden.

(II) Ten gevolge van getijdeneffecten op de buitenste atmosfeer van de Zon, zal de baan van de Aarde kleiner worden.

(III) Een op hol geslagen broeikas effect als gevolg van extreme temperaturen, waardoor de Aarde een hete, Venusachtige planeet wordt (en dus niet meer bewoonbaar zal zijn).

Rangschik bovenstaande fenomenen in oplopende chronologische volgorde:

- a) (I) – (II) – (III)
- b) (II) – (III) – (I)
- c) (III) – (I) – (II)
- d) (III) – (II) – (I)
- e) (I) – (III) – (II)

22. Welke van volgende theorieën gaat niet over het ontstaan van dubbelsterren?

- a) Schijffragmentatie
- b) Competitieve accretie
- c) Kernfragmentatie
- d) Gravitationele vangst
- e) Geen enkele van de genoemde theorieën gaat over het ontstaan van dubbelsterren.

23. Een astronoom observeert twee sterrenstelsels, A en B, vanaf de Aarde. Sterrenstelsel A heeft een schijnbare magnitude van $m_A = 20$ en sterrenstelsel B heeft een schijnbare magnitude van $m_B = 16$. Als sterrenstelsel A vier keer verder van de Aarde verwijderd is dan sterrenstelsel B en de afstand tot sterrenstelsel B bedraagt 700 miljoen lichtjaar, wat zijn dan de absolute magnitudes M_A en M_B van elk sterrenstelsel?

- a) $M_A = -22,2$ en $M_B = -23,2$
- b) $M_A = -19,7$ en $M_B = -20,7$
- c) $M_A = -23,7$ en $M_B = -16,7$
- d) $M_A = -13,6$ en $M_B = -20,7$
- e) $M_A = -20,7$ en $M_B = -19,7$

24. Een astronoom neemt een spectrum van een sterrenstelsel en merkt op dat de waterstof-alfa-emissielijn verschijnt op golflengte 721,9 nanometer. In een laboratorium op Aarde wordt dezelfde emissielijn waargenomen bij een golflengte van 656,3 nanometer. Wat is ongeveer de afstand tot dit sterrenstelsel?

- a) 66 Mpc
- b) 430 Mpc
- c) 480 Mpc
- d) 3900 Mpc
- e) 4700 Mpc

25. De normale golflengte van de H α -lijn van waterstof is 656,3 nm. Veronderstel dat we bij een bepaalde ster die lijn waarnemen op golflengte 662,5 nm. Wat is dan de radiale snelheid van die ster ten opzichte van de Aarde?

- a) $+2,83 \cdot 10^6$ m/s.
- b) $-2,83 \cdot 10^6$ m/s.
- c) $+0,00945$ m/s.
- d) $-0,00945$ m/s.
- e) $-2,83 \cdot 10^3$ m/s.

26. Een object beweegt met een snelheid van 0,6 keer de lichtsnelheid in de richting van onze gezichtslijn. Wat is de roodverschuiving z van dit object?

- a) $z = 1$
- b) $z = \sqrt{2}$
- c) $z = 1,5$
- d) $z = 2,5$
- e) $z = 0,6$

27. Donkere materie wordt zo genoemd omdat we het nog nooit gezien hebben. Toch weten we dat het bestaat. Door welke van de volgende waarnemingen weten we dat donkere materie bestaat?

- a) De uiterste gebieden van een sterrenstelsel draaien veel sneller rond dan verwacht op basis van al de zichtbare materie. Dit betekent dat er meer materie voorhanden moet zijn dan zichtbaar is.
- b) Grote gebieden van sterren worden geblokkeerd door donkere wolken materie. Deze donkere materie zendt geen licht uit, dus hebben we het nog nooit gezien.
- c) Licht kan door de zwaartekracht worden omgebogen. De mate van buiging hangt van de massa af. Voor sommige sterrenstelsels gebeurt dit meer dan verwacht, dus er moet ook meer materie in het sterrenstelsel zijn dan te zien is.
- d) Zowel a als b zijn juist.
- e) Zowel a als c zijn juist.
- f) Zowel b als c zijn juist.
- g) a, b en c zijn juist.

28. We poneren volgende stellingen over zwarte gaten:

- (I) Van alle zwarte gaten komen Schwarzschild zwarte gaten het meeste voor.
- (II) Wij weten dat de tijd dilateert in sterke zwaartekrachtsvelden. Als iemand in een zwart gat valt, zullen achterblijvers deze persoon nooit daadwerkelijk in het zwarte gat zien verdwijnen.

- a) Alleen stelling (I) is juist.
- b) Alleen stelling (II) is juist.
- c) Beide stellingen zijn juist.
- d) Beide stellingen zijn onjuist.
- e) Er bestaat helemaal niet zoiets als Schwarzschild zwarte gaten

29. De zogenoemde donkere energie is een model om

- a) de straling van zwarte gaten te verklaren.
- b) de massaverdeling van sterrenstelsels te verklaren.
- c) de versnelling van het heelal te verklaren.
- d) de microgolfachtergrond van het heelal te verklaren.
- e) elk van de hiervoor genoemde zaken met één globale hypothese te verklaren.

30. Welk van de volgende stellingen over zwaartekrachtsgolven is fout?

- a) Objecten van lage massa kunnen in principe zwaartekrachtsgolven produceren.
- b) In de toekomst verwachten wij zwaartekrachtsgolven van het vroege universum te kunnen waarnemen.
- c) Zwaartekrachtsgolven verplaatsen zich met een snelheid die een fractie lager is dan die van het licht, doordat de ruimte vóór ze uitdijt.
- d) Zwaartekrachtsgolven van samensmeltende neutronensterren zijn moeilijker te detecteren dan die van samensmeltende zwarte gaten (op dezelfde afstand).
- e) Zwaartekrachtsgolven kunnen geobserveerd worden door de veranderende rotatieperiodes van verschillende pulsars te meten terwijl de golf zich in de ruimte tussen ons en de pulsar verplaatst.



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: de zwarte straler

Bij de vragen hieronder kan gebruikgemaakt worden van volgende gegevens:

$$\text{Constante van Planck: } h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$\text{Lichtsnelheid: } c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{Constante van Boltzmann: } k = 1,380 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

Sterren zenden elektromagnetische straling uit die wij hier op Aarde kunnen waarnemen. De analyse van deze straling kan ons veel vertellen over de eigenschappen van de ster. Het is vaak nuttig om de intensiteit van een ster te benaderen door het spectrum van wat we een ‘zwarte straler’ noemen. Een zwarte straler is een lichtbron die geen licht reflecteert; het waargenomen licht wordt dus volledig door de bron zelf geproduceerd. Bovendien heeft de bron een uniforme temperatuur T (in kelvin): we zeggen dat het gas en de fotonen in thermodynamisch evenwicht zijn. De intensiteit van de uitgezonden straling met een bepaalde frequentie ν van een zwarte straler wordt beschreven door de *Planck functie* $B_\nu(T)$:

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}.$$

De Planck functie kan ook als functie van golflengte λ geschreven worden

$$B_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}.$$

Vraag 1.

Gegeven $B_\nu(T)$, leid $B_\lambda(T)$ af door gebruik te maken van de relaties $c = \lambda\nu$ en $B_\nu d\nu = -B_\lambda d\lambda$. De tweede relatie zegt dat de totale intensiteit in een frequentie-interval $d\nu$ gelijk moet zijn aan de totale intensiteit in het overeenkomstige golflengte-interval $d\lambda$. Het minteken komt tevoorschijn omdat golflengte en frequentie omgekeerd evenredig zijn.

Vraag 2.

De Planck functie vertoont een piek in intensiteit bij een bepaalde golflengte λ_{max} . De *verschuivingswet van Wien* is een wet die deze golflengte λ_{max} relateert aan de temperatuur van de zwarte straler, namelijk

$$\lambda_{max} T = 2897,8 \text{ } \mu\text{m K}.$$

Gebruik de wet van Wien om voor de O-ster Zeta Puppis, met een effectieve temperatuur van 40000 K, de golflengte te vinden waarbij het maximum van de energie optreedt. In welk deel van het elektromagnetisch spectrum bevindt deze piek zich?

Vraag 3.

Het volledige spectrum van de zwarte straler werd pas gevonden na de ontdekking van de kwantummechanica. Gebruikmakende van de klassieke theorie waren Rayleigh en Jeans erin geslaagd een deel van het spectrum van de zwarte straler te beschrijven, namelijk in de limiet dat $h\nu \ll kT$. Zij vonden

$$B_\nu(T) = \frac{2\nu^2}{c^2} kT,$$

$$B_\lambda(T) = \frac{2ckT}{\lambda^4}.$$

Hun oplossing leidde echter tot de zogenaamde “ultavioletcatastrofe”.

Wat is de “ultravioletcatastrofe”? Leg uit aan de hand van de uitdrukkingen die hierboven gegeven zijn.

Vraag 4.

De effectieve temperatuur van een ster wordt gedefinieerd als de temperatuur die de ster zou hebben als deze als een perfecte zwarte straler zou schijnen. De flux – de hoeveelheid getransporteerde energie per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid – hangt af van deze effectieve temperatuur als $F = \sigma T_{eff}^4$, waarbij σ de Stefan-Boltzmann constante is.

- Geef een uitdrukking voor de lichtkracht L van een ster als functie van de straal en de effectieve temperatuur.
- Zullen sterren die rechts bovenaan gesitueerd worden in het Hertzsprung-Russell diagram groter of kleiner zijn dan onze Zon?

Open vragenreeks II: sterdichtheid in ons Melkwegstelsel

Bij de vragen hieronder kan gebruikgemaakt worden van volgende gegevens:

$$\text{Parsec: } 1 \text{ pc} = 3,086 \times 10^{16} \text{ m}$$

$$\text{Reeksontwikkeling: } \log(1+x) = \frac{1}{\ln(10)} \left(x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots \right)$$

Ga ervan uit dat de dichtheidsverdeling van sterren in het Melkwegstelsel voorgesteld kan worden aan de hand van volgende exponentiële functie:

$$n(r) = n_0 e^{-\left(\frac{r-R_0}{R_d}\right)}$$

Hierin stelt

- r de afstand voor tot het centrum van het Melkwegstelsel,
- R_0 de afstand van de Zon tot het centrum van het Melkwegstelsel,
- R_d de straal van de schijf van het Melkwegstelsel,
- n_0 is de dichtheid aan sterren in de omgeving van de Zon.

Alle afstanden in bovenstaand model worden weergegeven in *kpc*.

Een sterrenkundige observeert een bepaald type rode reuzen in het centrum van ons Melkwegstelsel die als standaardkaarsen gebruikt kunnen worden met een constante absolute helderheid van $M = -0,2$.

Vraag 1.

Als een telescoop gebruikt wordt voor deze waarneming die tot een schijnbare helderheid van $m = 18$ kan observeren, bepaal dan de maximale afstand waarop deze telescoop dit type rode reuzen kan detecteren.

Negeer hierbij de verduistering van licht door het interstellair medium.

Vraag 2.

- a) Stel een vergelijking op voor de relatie tussen de schijnbare en absolute helderheid van een ster, rekening houdend met een interstellair verduistering van $0,7 \text{ magnitude/kpc}$, veroorzaakt door het interstellair medium.
- b) Kan je op basis van deze uitdrukking een schatting maken van de maximale afstand waarop dit type rode reuzen nog kan waargenomen worden?

Vraag 3.

Geef een uitdrukking voor het aantal van deze rode reuzen dat met een bepaalde schijnbare helderheid m binnen een ruimtehoek Ω geobserveerd kan worden.

Druk dit uit als $\frac{\Delta N}{\Delta m}$ in functie van m . Ga ervan uit dat dit type rode reuzen een bepaalde fractie f van de totale sterpopulatie voorstelt. Ga er verder ook van uit dat voor deze berekening er geen verduistering door het interstellair medium optreedt. (Hint: gebruik de gegeven Taylor serie die geldig is wanneer $x \ll 1$).

Open vragenreeks III: de ster van Barnard

Voor deze vragenreeks kan onder andere gebruikgemaakt worden van volgende gegevens:

Universele gravitatieconstante: $G = 6,67259 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

Massa van de Zon: $M_{\text{zon}} = M_{\odot} = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$

Straal van de Zon: $R_{\text{zon}} = R_{\odot} = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$

Parsec: $1 \text{ pc} = 3,086 \times 10^{16} \text{ m}$

Astronomische eenheid: $1 \text{ AE} = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$

Astronoom Edward Emerson Barnard ontdekte in 1916 een rode dwerg met een massa van 0,16 zonsmassa's op ongeveer 6 lichtjaar van de Aarde. Deze ster kreeg de naam 'Ster van Barnard' en beweegt met een hoge snelheid ten opzichte van de Aarde. De ster van Barnard is een haloster. Dit zijn sterren die zich niet in het vlak van een sterrenstelsel bevinden, maar een baan hebben met een willekeurige inclinatie.

We zijn benieuwd naar de kans dat zo'n ster botst met een ster in de schijf van het Melkwegstelsel. Je mag hiervoor veronderstellen dat de schijf van het Melkwegstelsel een dikte heeft van 300 pc en een constante massadichtheid van $\rho = 0,15$ zonsmassa's/pc³. Verder mag je aannemen dat alle sterren in de schijf een massa hebben van 1 zonnemassa en dat de ster van Barnard zich beweegt met een snelheid van 150 km/s.

Vraag 1.

Wanneer de ster van Barnard door de schijf van het Melkwegstelsel beweegt, zal hij botsen met een andere ster als de kinetische energie kleiner is dan de potentiële gravitatie-energie. Hoe dicht moet de ster van Barnard bij een willekeurige ster in de schijf komen vooraleer ze zullen botsen? Je mag aannemen dat de sterren in de schijf niet bewegen. Geef je antwoord in zonnestrallen.

Vraag 2.

De gemiddelde vrije weglengte ℓ is de gemiddelde afstand die een ster kan afleggen voordat deze botst met een andere ster. Deze wordt gegeven door:

$$\ell = \frac{1}{nS}$$

waarbij n de deeltjesdichtheid is en S de geometrische botsingsdoorsnede.

Wat is de gemiddelde vrije weglengte (in parsec) van de ster van Barnard wanneer deze door de schijf beweegt? Wat kan je concluderen over de kans dat deze ster zal botsen met een ster in de schijf?

Vraag 3.

- a) Veronderstel dat de ster van Barnard een planetenstelsel al kan verstoren zodra hij binnen een afstand van 20 astronomische eenheden van een andere ster komt. Welke afstand zal de ster gemiddeld kunnen afleggen (in parsec) voordat de ster een planetenstelsel zal verstoren?
- b) Hoe vaak moet de ster van Barnard gemiddeld doorheen de schijf bewegen voordat de ster een planetenstelsel kan verstoren?
- c) Neem aan dat de ster van Barnard tweemaal doorheen de schijf beweegt per rotatie en 200 miljoen jaar over 1 rotatie doet. Hoe lang zal het dan gemiddeld duren vooraleer de ster een planetenstelsel kan verstoren? Wat kan je hieruit concluderen?

Open vragenreeks IV: stof en licht

Bij de vragen hieronder kan gebruikgemaakt worden van volgende informatie:

$$\text{Constante van Planck: } h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$\text{Constante van Boltzmann: } k = 1,380 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\text{Lichtsnelheid: } c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Lichtkracht van de Zon: } L_{\odot} = 3,839 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

$$\text{Parsec: } 1 \text{ pc} = 3,086 \times 10^{16} \text{ m}$$

$$\zeta(z)\Gamma(z) = \int_0^{\infty} \frac{x^{z-1} dx}{e^x - 1}$$

$$\Gamma(z) = (z - 1)!$$

De waarden voor de ζ -functie voor enkele even getallen:

$$\zeta(2) = \pi^2/6$$

$$\zeta(4) = \pi^4/90$$

$$\zeta(6) = \pi^6/945$$

$$\zeta(8) = \pi^8/9450$$

$$\zeta(10) = \pi^{10}/93555$$

Wanneer we spreken van straling in de vorm van licht, is de meest eenvoudige bron van licht de thermische energie van een object. Een object met dit gedrag noemen we een zwartlichaamstraler (zwart lichaam, zwarte straler). Een zwartlichaamstraler heeft het volgende emissieprofiel:

$$B_{\nu}(T) = \frac{2h}{c^2} \frac{\nu^3}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

waarbij B_{ν} de oppervlaktehelderheid van het object is bij een gegeven frequentie ν . Verder is h de constante van Planck, c de snelheid van het licht, k de constante van Boltzmann en T de temperatuur van het object.

Vraag 1.

De zwartlichaamstraler wordt vaak gebruikt binnen de sterrenkunde om de straling van een ster te beschrijven, maar dit is niet de enige bron van straling. Stofdeeltjes die verspreid zitten tussen de sterren stralen namelijk zelf ook licht uit in de vorm van een zwartlichaamstraler. Van het zichtbaar materiaal dat we zien tussen de sterren, bestaat enkel 1% uit stof en de rest uit gas, maar stof is wel het belangrijkste ingrediënt om de straling te bepalen.

Waarom is het belangrijk om de straling van het stof te meten? Geef hierbij een reden die te maken heeft met de invloed van stof op de straling van objecten en een reden die te maken heeft met de rol van stof in de evolutie van het universum.

Vraag 2.

Binnen de sterrenkunde proberen we de temperatuur van het stof te bepalen afhankelijk van onze keuze voor de emissiecoëfficiënt

$$\kappa_{\lambda}^{em} = \kappa_0 \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^{\beta}$$

genormaliseerd op $\lambda_0 = 1 \mu\text{m}$. We onderzoeken dit in een supernovarest waarbij we het interstellaire stralingsveld beschrijven als de som van twee gedempte zwartlichaamstralers:

$$4\pi J_{\lambda} = 8,6 \cdot 10^{-14} B_{\lambda}(8000K) + 6,81 \cdot 10^{-13} B_{\lambda}(3750K)$$

- a) Geef de formule die de temperatuur van het stof verbindt aan de helling van de emissiecoëfficiënt β .
- b) Geef de temperatuur van het stof voor $\beta = 2$.

Vraag 3.

Supernova's zijn belangrijke bronnen voor de formatie van stof, maar er zijn meerdere bronnen. Geef twee andere bronnen voor de formatie van stof. Leg bij iedere bron uit hoe het stof van de bron de ruimte in wordt gelanceerd.



Dit is het einde van de eerste ronde van
de Vlaamse Sterrenkunde Olympiade 2024.
Kijk na bij je inzending of je alle gevonden oplossingen hebt ingezonden.

Heel veel succes!

