

Inleiding Astrofysica

in

ongeveer 113 vragen en 21 formules

Henk Hoekstra, Universiteit Leiden, 2019

Het (deel)tentamen van het vak Inleiding Astrofysica (IAF) zal uit twee delen bestaan. In het eerste deel (25% van de punten) zal jullie algemene kennis en begrip van de onderwerpen die behandeld zijn tijdens de hoorcolleges worden getoetst. In het tweede deel van het tentamen (de resterende 75% van de punten) wordt je vaardigheid in het oplossen van vraagstukken getoetst. Verwacht opgaves die vergelijkbaar zijn met de voorbeelden die tijdens de werkcolleges zijn bestudeerd.

Hieronder vind je een lijst met mogelijke vragen, waarvan een aantal ook in het eerste deel van het tentamen voor zullen komen. Het is de bedoeling dat deze vragen *zeer* kort beantwoord worden. Een antwoord van *ten hoogste* drie of vier zinnen moet in alle gevallen volstaan.

Voorbeeldvragen:

A. Geschiedenis

1. Wat is het principe van Copernicus?
2. Wat is de retrograde beweging van een planeet?
3. Hoe werd de retrograde beweging van planeten verklaard in het geocentrisch wereldbeeld?
4. Beschrijf het model van Ptolemaeus.
5. Wat is het belang van Galilei's waarnemingen van Jupiter en Venus?
6. Noem de drie wetten van Kepler

B. Waarnemingen

7. Hoe bepaal je de parallax van een ster?
8. Wat is de eigenbeweging van een ster?

C. Zwaartekracht

9. Wat is de oorzaak van de getijdewerking?
10. Waarom zien we altijd dezelfde kant van de Maan?
11. Wat veroorzaakt de libratie van de Maan?
12. Wat is de ontsnappingsnelheid?
13. Wat is het equivalentieprincipe?
14. Wat is een zwart gat?
15. Wat is een zwaartekracht lens?
16. Wat zijn zwaartekrachtsgolven?
17. Hoe worden zwaartekrachtsgolven gedetecteerd?

D. Telecopen en detectie

18. Noem twee redenen waarom astronomen steeds grotere telescopen willen bouwen
19. Waarom worden er geen grote refractors gebouwd?
20. Wat is chromatische aberratie?
21. Waardoor wordt seeing veroorzaakt?
22. Wat is adaptieve optiek?
23. Waarom wordt interferometrie veel gebruikt voor radiotelescopen?
24. Waarom worden bijna alle moderne opnames met CCD camera's gemaakt?

E. Interactie van straling en materie

25. Hoe ontstaat lijn-emissie in een atoom?
26. Wanneer zie je een lijn in emissie of absorptie?
27. Noem de wetten van Kirchhoff.
28. Wat is de Balmer reeks?
29. Zet in de juiste volgorde in oplopende energie van een foton: infrarood, optisch, radio, Röntgen, gamma, UV.
30. Hoe kun je een atoom in een aangeslagen toestand krijgen?
31. Hoe herken je een lijn die veroorzaakt wordt door een verboden overgang?
32. Noem drie processen die een spectraallijn verbreden.
33. Wat is thermodynamisch evenwicht?
34. Welke informatie kunnen we halen uit spectraallijnen?
35. Wat is de vrije weglengte?

F. De Zon

36. Welke drie lagen onderscheiden we in de atmosfeer van de Zon?
37. Wat is de voornaamste bron van opaciteit in de fotosfeer?
38. Wat zijn granules?
39. Wat is een zonnevlek?
40. Waardoor wordt randverzwakking veroorzaakt?
41. Wat is helioseismologie?
42. Waarom zijn zonnevlekken donker?
43. Wat is de 22-jarige cyclus van de Zon?
44. Wat is differentiële rotatie?
45. Waardoor wordt het noorderlicht veroorzaakt?
46. Wat is de zonnwind?
47. Waarom is de chromosfeer heter dan de fotosfeer?

G. Het zonnestelsel

48. Wat is een planeet?
49. Wat is zijn de voornaamste verschillen tussen aardachtige planeten en gasreuzen?
50. Wat is radiometrische datering?
51. Waarom kunnen we de leeftijd van het zonnestelsel beter meten aan de hand van meteorieten?
52. Wat is chemische differentiatie?
53. Wat is een proto-planetaire schijf?

54. Wat is de leefbare zone?
55. Hoe is de Maan waarschijnlijk ontstaan?
56. Wat wordt er bedoeld met de albedo van een planeet?
57. Waarom is het zo bijzonder warm op het oppervlak van Venus?
58. Waarom is er een enorm verschil in de temperatuur tussen de dag- en nachtkant van de Maan?
59. Wat zijn de belangrijkste bestanddelen van de gasreuzen?
60. Waarom is er nauwelijks helium in de atmosfeer van de Aarde?
61. Waarom straalt Jupiter meer energie uit dan het van de Zon ontvangt?
62. Waar bevinden zich de asteroïdengordel, de Kuiper gordel en de Oortwolk?

H. Exoplaneten

63. Noem drie methoden die gebruikt worden om exoplaneten te ontdekken.
64. Hoe werkt de radiële snelheidsmethode om exoplaneten te ontdekken?
65. Hoe werkt de transit-methode om exoplaneten te ontdekken?
66. Hoe zou je buitenaards leven kunnen herkennen op een exoplaneet?

I. Sterren

67. Teken een Hertzsprung-Russel diagram en laat zien wat er op de assen staat; schets de hoofdreeks, de positie van rode reuzen en witte dwergen
68. Zet in de juiste volgorde van hete naar koude sterren; A,G,M,O,K,F,B
69. Welke ster heeft de grootste lichtkracht: G2II of G2V?
70. Waarom verbranden zware sterren hun waterstof relatief veel sneller dan minder zware sterren?
71. Hoe kunnen we de massa's van sterren bepalen?
72. Waarom zijn dubbelsterren belangrijk om de eigenschappen van sterren te bepalen?
73. Waarom is de Balmer-lijn het sterkst voor een effectieve temperatuur van 10.000K?
74. Waarom zijn de spectraallijnen van een rode reus heel nauw?
75. Teken een HR diagram met een bolhoop en een open ster cluster; laat zien wat er op de assen staat.
76. Hoe kun je de leeftijd van een ster cluster bepalen?
77. Waarom zijn sterren in open sterrenhopen metaalrijker dan die in bolhopen?
78. Wat is een bruine dwerg?
79. Wat gebeurt er in de proton-proton cyclus?

J. Sterrevoluitie

80. Wat is het verschil in vorm van energieproductie tussen een ster en een protoster?
81. Over ongeveer 5 miljard jaar wordt de Zon een rode reus. Waarom?
82. Beschrijf hoe een Cepheïde gebruikt kan worden voor een afstandsbepaling.
83. Waarom is ijzer het zwaarste element dat in een sterkern kan voorkomen?
84. Wat is een planetaire nevel en waardoor wordt deze veroorzaakt?
85. Wat is een type Ia supernova en waarom zijn deze van groot belang?
86. Wat is een witte dwerg en waar wordt de interne druk door veroorzaakt?
87. Wat is de Chandrasekhar limiet?
88. Wat is ontaarde materie?
89. Wat is een pulsar?
90. Wat is een neutronenster?

K. Melkwegstelsels

91. Hoe liet Hubble zien dat de Andromedanevel een sterrenstelsel is zoals de Melkweg?
92. Maak een schets van het zijaanzicht van de Melkweg en benoem de verschillende componenten; markeer ook de positie van de Zon.
93. De sterpopulatie in bolhopen is heel oud. Waarom zijn deze sterren metaalarm en wat wordt daar (in astronomische termen) mee bedoeld?
94. Wat veroorzaakt de 21cm emissielijn, en waar is deze vooral voor gebruikt?
95. Wat is er bijzonder aan de rotatiekromme van de Melkweg op grote afstand van het centrum?
96. Waarom is het centrale deel van onze Melkweg veel beter te zien in infrarood licht dan in optisch licht?
97. Hoe kan de massa van het zwarte gat in het centrum van de Melkweg worden bepaald?
98. Noem drie verschillen tussen spiraalstelsels en elliptische stelsels
99. Wat gebeurt er als twee spiraalstelsels op elkaar botsen en fuseren?
100. Wat is een actief sterrenstelsel?
101. Wat is een quasar?
102. Wat is de bron van energie in actieve stelsels?

L. Kosmologie

103. Beschrijf de stappen in de afstandsladder
104. Wat is de Tully-Fisher relatie?
105. Wat is het kosmologisch principe?
106. Hoe kunnen we de leeftijd van het Heelal schatten met behuld van de constante van Hubble?
107. Waarom is het licht van verre melkwegstelsels roodverschoven?
108. Wat wordt er bedoelt met de kritische dichtheid van het Heelal?
109. Wat bedoelen kosmologen met inflatie?
110. Wat is de belangrijkste aanwijzing voor het bestaan van donkere energie?
111. Waarom denken we dat melkwegstelsels vooral uit donkere materie bestaan?
112. Wat is de kosmische achtergrondstraling?
113. Wat is (ongeveer) de verhouding "normale" materie, donkere materie en donkere energie?

Lijst met formules:

Hieronder vind je de beschrijving van de vergelijkingen die je moet begrijpen en kunnen gebruiken. Je hoeft ze niet uit je hoofd te leren, want ze worden bij het tentamen gegeven, maar zonder verdere uitleg/aanwijzingen. De uitdrukkingen voor de vergelijkingen moet je zelf opzoeken en hieronder invullen.

1.

De formule voor de afstand d voor een object met een parallax π . Met de parallax in boogseconden geeft deze formule de afstand d in parsec. Je kun afleiden dat 1 pc gelijk is aan de Astronomische Eenheid maal het aantal boogseconden in een radiaal.

2.

De vergelijking voor de schijnbare eigenbeweging μ hangt af van de snelheid van de ster v in het hemelvlak en de afstand d .

3.

De derde wet van Kepler, waarbij P de omlooptijd is, a de halve lange as, G de gravitatie constante, en M en m respectievelijk de massa van het centrale zware object (een ster, de Zon of de Aarde voor satellieten) en het hemellichaam dat er omheen draait. Vaak kun je m in deze vergelijking verwaarlozen.

4.

Deze formule geeft de omloopsnelheid v van een hemellichaam in een cirkelbaan om een ander massief object. Deze vergelijking is eenvoudig af te leiden uit formule 3.

5.

Deze vergelijking geeft de ontvangen fluxdichtheid F in termen van de lichtkracht L en de afstand d . Hierbij wordt aangenomen dat het object in elke richting evenveel energie uit zendt.

6.

Deze formule geeft de relatie tussen de waargenomen fluxen F_1 en F_2 en het verschil in schijnbare magnitudes m_1 en m_2 . Let op dat het de logaritme van grondgetal 10 is, en dat de verhouding negatief is: hoe lager de magnitude, hoe hoger de flux.

7.

Deze formule geeft de relatie tussen de schijnbare magnitude m van een object, de afstand d en de absolute magnitude M . De absolute magnitude is een maat voor de lichtkracht en is gelijk aan de schijnbare magnitude op een afstand van 10 pc.

8.

Deze vergelijking geeft de gemiddelde kinetische energie E van deeltjes in een systeem dat in thermodynamisch evenwicht is met een temperatuur T .

9.

De formule voor het Doppler-effect waarbij λ_{obs} en λ_{emit} de waargenomen en uitgezonden golflengtes zijn. De relatieve snelheid van het object is v en c is de lichtsnelheid. Let op dat het voor het Doppler-effect niet uitmaakt of wij als waarnemer bewegen of de bron zelf.

10.

De formule voor thermische verbreding $\Delta\lambda/\lambda$ van een spectraallijn door de beweging van de deeltjes van een systeem in thermodynamische evenwicht met een temperatuur T .

11.

De formule voor de intensiteit I (uitgestraalde energie per oppervlakte-eenheid) als functie van frequentie ν van een zwartlichaamstraler met temperatuur T .

12.

De formule voor de intensiteit /als functie van golflengte λ van een zwartlichaamstraler met temperatuur T .

13.

De verschuivingswet van Wien voor zwartlichaamstralers, waarbij λ_{\max} de golflengte is (in meters) van de piek van het spectrum van een zwartlichaamstraler met temperatuur T_{eff} . Dus hoe lager de temperatuur, hoe langer de piek-golflengte, en dus hoe roder het object.

14.

Dit is de wet van Stefan-Boltzmann. Deze geeft de intensiteit /van een zwartlichaamstraler met oppervlakte-temperatuur T , waarbij σ de constante van Stefan-Boltzmann is. Als de grootte van het oppervlak van het hemellichaam bekend is, kan deze vergelijking worden gebruikt om de totale lichtkracht te berekenen. Andersom kan, als de lichtkracht en effectieve temperatuur bekend zijn, de straal van het object bepaald worden.

15.

Deze formule geeft de scherpte (resolutie) van een telescoop met een diameter D voor waarnemingen op een golflengte λ . Dit heet het Rayleigh criterium, en laat zien dat hoe korter de golflengte, en hoe groter de telescoop, hoe scherper het beeld (mits er geen seeing is). Bovenstaande formule geeft de scherpte in radialen en moet worden vermenigvuldigd met het aantal boogseconden in een radiaal.

16.

Deze formule geeft de airmass in termen van de hoek die de positie van een object maakt met het zenit. We willen door zo min mogelijk atmosfeer kijken, en willen dus bij voorkeur waarnemen wanneer een object zo hoog mogelijk aan de hemel staat: wanneer deze culmineert.

17.

Deze formule geeft de intensiteit I als functie van afstand x door een medium met een deeltjesdichtheid n die een werkzame doorsnede σ hebben. De gemiddelde weglengte is de inverse van het product van n en σ .

18.

De ontsnappingsnelheid v_{esc} , de snelheid die nodig is om op een afstand r aan de zwaartekracht van een hemellichaam met massa M te ontsnappen. Als we voor de ontsnappingsnelheid de lichtsnelheid c nemen van is de corresponderende straal de Schwarzschild straal R_s , die de event horizon van een zwart gat aangeeft: op deze afstand kunnen zelfs fotonen niet meer ontsnappen.

19.

De hoeveelheid energie W_p die een planeet met een albedo A en straal R_p absorbeert als deze op een afstand r staat van een ster met lichtkracht L .

20.

Deze vergelijking geeft de verhouding tussen de baansnelheden van twee hemellichamen (een ster of planet), welke omgekeerd evenredig is met de verhouding van hun massa's. De formule kan worden gebruikt om uit te rekenen hoe groot het Doppler effect is voor een ster waar een exoplaneet om draait.

21.

De wet van Hubble, met de snelheid v in km/s, de afstand d in Mpc en de Hubble constante H_0 in km/s/Mpc.