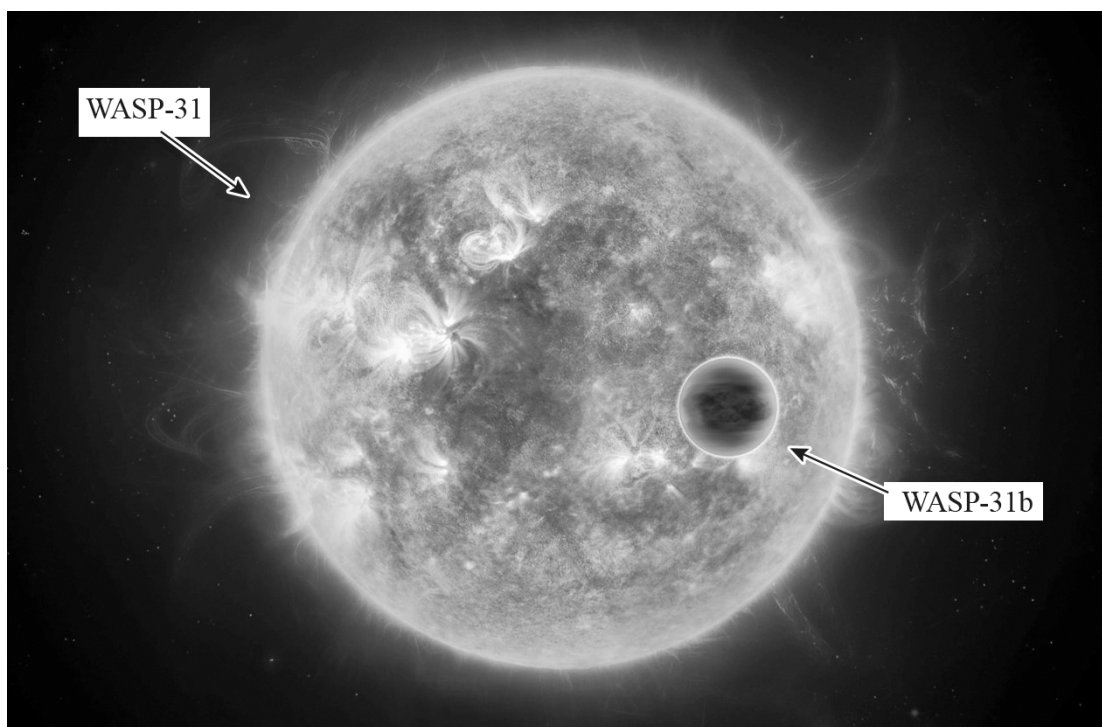


WASP-31b is een zogenaamde exoplaneet. Exoplaneten zijn planeten die niet om de zon draaien, maar om een andere ster. De exoplaneet WASP-31b draait om de ster WASP-31. Zie figuur 1 voor een zogenaamde artist's impression. In de rest van deze opgave wordt WASP-31b de exoplaneet genoemd en WASP-31 de ster.

In 2021 is een team van Europese astronomen erin geslaagd om de aanwezigheid van verschillende moleculen aan te tonen in de atmosfeer van de exoplaneet.

figuur 1



Het totale stralingsvermogen P van de ster is 2,0 keer zo groot als dat van de zon. De oppervlaktetemperatuur van de ster is $6,30 \cdot 10^3$ K.

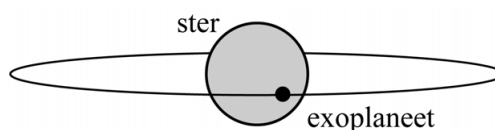
3p

20

Op de uitwerkbijlage staat een Hertzsprung-Russelldiagram weergegeven. Teken in het diagram op de uitwerkbijlage de positie van de ster. Licht je antwoord toe met een berekening.

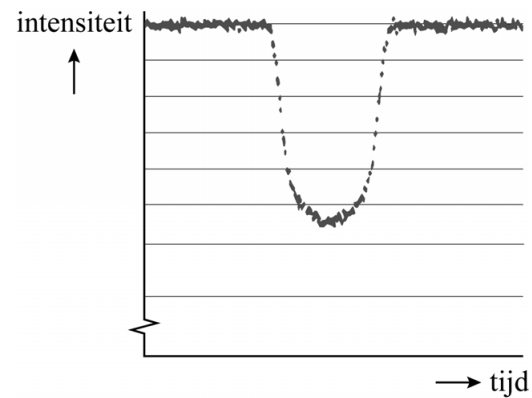
Exoplaneten worden vaak ontdekt met behulp van de zogenaamde transitmethode. Als de exoplaneet voor een ster langs beweegt, wordt dat een transit genoemd. Zie figuur 2.

figuur 2



Tijdens een transit wordt een gedeelte van het licht van de ster geblokkeerd en zal de gemeten intensiteit van de ster tijdelijk afnemen. Zie figuur 3.

figuur 3



De exoplaneet behoort tot de zogenaamde 'hete jupiters', een type exoplaneet dat goed te observeren is via de transitmethode. Deze hete jupiters kenmerken zich doordat:

- ze relatief groot zijn, namelijk vergelijkbaar met de grootte van de planeet Jupiter,
- de baanstraal relatief klein is en de exoplaneet daardoor een kleine omlooptijd heeft.

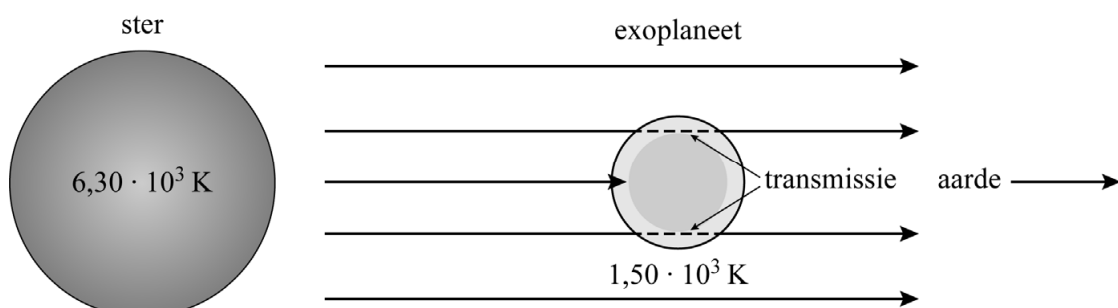
- 2p **21** Geef, voor elk van beide kenmerken, een reden waardoor dit kenmerk zorgt voor een grotere kans op ontdekking via de transitmethode.

De massa van de ster is 1,2 keer zo groot als de massa van de zon. De exoplaneet voert een cirkelbeweging uit met een baansnelheid van $1,5 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1}$.

- 4p **22** Bereken de verhouding tussen de baanstraal van de exoplaneet en die van Jupiter.

De exoplaneet heeft een eigen atmosfeer. Het licht van de ster kan hier doorheen schijnen (transmissie). Zie figuur 4. Door dit licht te onderzoeken kan informatie verkregen worden over de samenstelling van de atmosfeer van de exoplaneet.

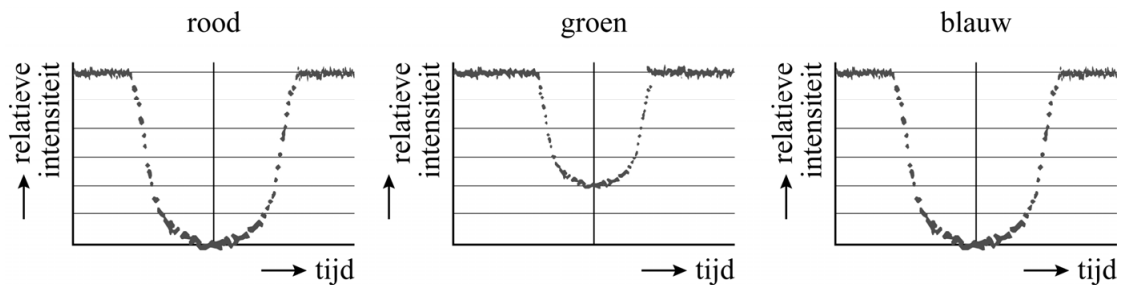
figuur 4



- 1p **23** Geef aan of het licht dat op aarde wordt waargenomen een absorptiespectrum of een emissiespectrum van de atmosfeer van de exoplaneet laat zien.

Door de transit van de exoplaneet bij verschillende golflengtes waar te nemen, kan de atmosfeer van de exoplaneet onderzocht worden. Dit principe kan duidelijk gemaakt worden aan de hand van een simulatie, waarin het effect wordt berekend van de atmosfeer van de exoplaneet op de gemeten intensiteit bij verschillende golflengtes. Door een bepaalde samenstelling van de atmosfeer van de exoplaneet aan te nemen, kan berekend worden hoe de meting van figuur 3 eruit zou zien bij verschillende golflengtes. Drie van deze simulaties staan in figuur 5.

figuur 5

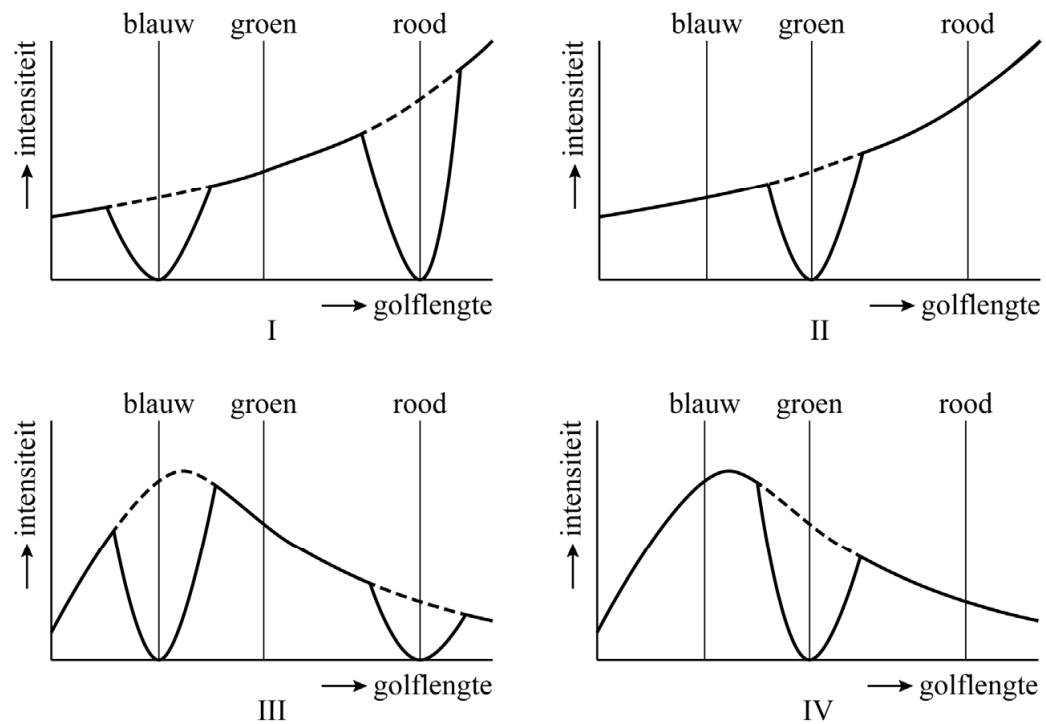


In het model waarmee deze berekeningen zijn gedaan, is uitgegaan van twee opties: óf het licht van de betreffende golflengte gaat ongehinderd door de atmosfeer van de exoplaneet heen, óf het wordt volledig tegengehouden.

Met behulp van de grafieken van figuur 5 is het mogelijk het spectrum te reconstrueren dat tijdens een transit gemeten wordt. In figuur 6 zijn vier mogelijkheden weergegeven. De stippellijn geeft hierbij de situatie aan wanneer het licht niet zou worden tegengehouden door de atmosfeer.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

figuur 6



- 2p **24** Leg uit welk spectrum in figuur 6 (I, II, III of IV) overeenkomt met de simulaties in figuur 5.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.