

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

Opgave 1

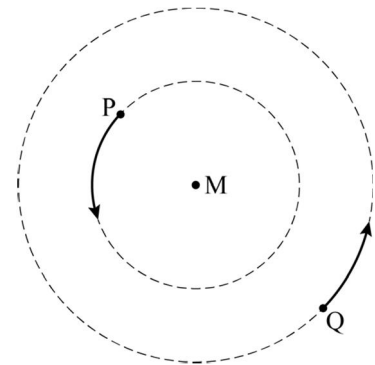
Een van de vele manen van Jupiter heet Callisto. Callisto beschrijft een cirkelvormige baan met een straal van $1,88 \cdot 10^6$ km en heeft een omlooptijd van 16 dagen en 17 uur.

- a) **Bereken** de massa van Jupiter.
- Jupiter heeft een diameter van $1,43 \cdot 10^5$ km.
- b) **Bereken** de valversnelling aan de rand van Jupiter.



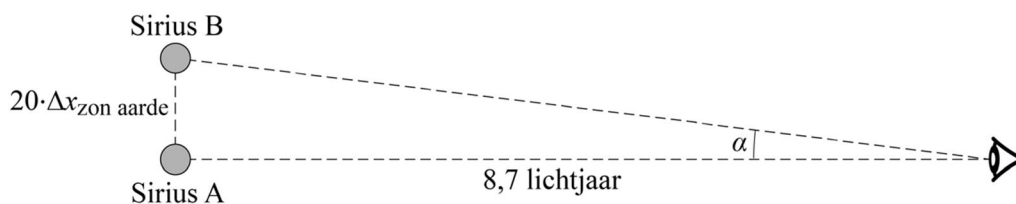
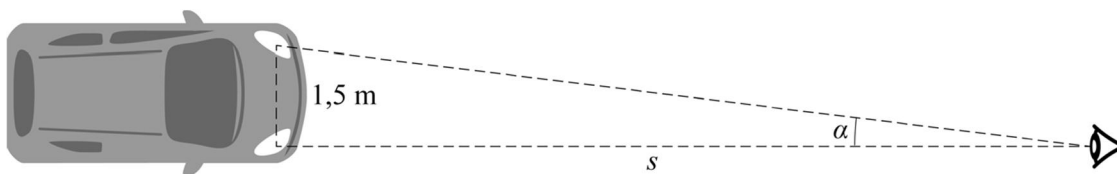
Opgave 2

Sterren vormen soms een zogenaamd dubbelstersysteem. In een vereenvoudigd dubbelstersysteem bewegen twee sterren in eigen cirkelbanen om een gemeenschappelijk middelpunt M. Zie nevenstaande afbeelding. Sterren P en Q hebben dezelfde omlooptijd.



- a) Zet in de tabel op de uitwerkbijlage in elke rij een kruisje in de juiste kolom.

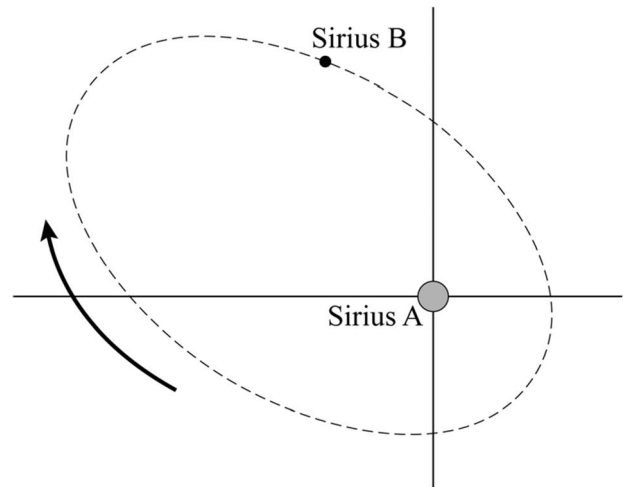
De ster Sirius lijkt in de tijd heen en weer te bewegen. In 1844 concludeerden astronomen hieruit dat Sirius een dubbelstersysteem is, bestaande uit Sirius A en Sirius B. Dat de twee sterren van Sirius toen niet apart van elkaar werden waargenomen, komt doordat de hoek α waaronder Sirius A en Sirius B vanaf de aarde gezien kunnen worden zeer klein is. Deze hoek kan worden vergeleken met de hoek waaronder koplampen van een auto gezien worden. De (gemiddelde) afstand tussen Sirius A en Sirius B is 20 keer zo groot als de afstand tussen de aarde en de zon. Sirius staat op 8,7 lichtjaar van de aarde. De afstand tussen twee koplampen is 1,5 m. Zie onderstaande afbeelding.



Sirius A en Sirius B worden onder een bepaalde hoek α gezien vanaf de aarde.

b) **Bereken** op welke afstand s van de waarnemer de auto moet staan om de koplampen onder dezelfde hoek α te zien.

In 1862 werd met een verbeterde telescoop de kleinere Sirius B voor het eerst apart van Sirius A gezien. Daarna noteerden astronomen de positie van Sirius B ten opzichte van Sirius A. Sirius B beschrijft dan een baan om Sirius A met de wijzers van de klok mee. Deze baan is een ellips. Zie nevenstaande afbeelding.



c) Voer de volgende opdrachten uit:

- **Teken** in de figuur op de uitwerkbijlage de gravitatiekracht die Sirius B op Sirius A uitoefent als een pijl met een lengte van 3 cm.
- **Teken** de gravitatiekracht die Sirius A op Sirius B uitoefent.
- **Leg uit** of de snelheid van Sirius B ten opzichte van Sirius A in deze situatie toeneemt, afneemt of gelijk blijft.

Uit de waarnemingen waren diverse gegevens over Sirius A en Sirius B te bepalen. Zie onderstaande tabel. Gegevens van sterren worden vaak uitgedrukt in vergelijking met onze zon.

| eigenschap | Sirius A | Sirius B |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| massa | $2,063 \cdot M_{\text{zon}}$ | $1,018 \cdot M_{\text{zon}}$ |
| straal | $1,8 \cdot R_{\text{zon}}$ | $0,022 \cdot R_{\text{zon}}$ |
| λ_{max} | $293 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ | $117 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ |

Een van de eigenschappen waarmee sterren onderling vergeleken worden is de dichtheid.

d) **Bereken** met behulp van bovenstaande tabel welke van de sterren (Sirius A of Sirius B) de grootste dichtheid heeft.

Opgave 3

Op 3 februari 2009 meldde ESA (European Space Agency) de ontdekking van de exoplaneet Corot-exo-7b. Een exoplaneet is een planeet die niet om de zon maar om een (andere) ster draait, een planeet in een ander zonnestelsel dus. In de tabel hieronder staat een aantal gegevens van deze planeet en zijn 'zon'.

| Naam ster | Corot-exo-7 | Naam planeet | Corot-exo-7b |
|------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------------|
| afstand | 140 pc | ontdekt in | 2009 |
| type | K0V | massa | $5 \text{ à } 10 M_{\text{aarde}}$ |
| schijnbare magnitude | 11,7 | straal planeet | $1,8 R_{\text{aarde}}$ |
| leeftijd | $1,1 \cdot 10^9$ jaar | straal planeetbaan | $2,54 \cdot 10^9$ m |
| effectieve temperatuur | 5300 K | omlooptijd | 0,83 dagen |

De afstand tussen ons en de ster is uitgedrukt in parsec (pc). Behalve de parsec wordt ook de eenheid lichtjaar gebruikt om afstanden in het heelal aan te geven.

a) **Reken** met behulp van Binas de afstand tot Corot-exo-7 om in lichtjaar.

Corot-exo-7b is de kleinste exoplaneet die tot nu toe is waargenomen. Zijn straal is maar 1,8 maal zo groot als die van de aarde.

Over de massa van de planeet bestaat nog veel onzekerheid. Zie de tabel.

Veronderstel dat de exoplaneet 'aardachtig' is, dat wil zeggen dat de dichtheid van de planeet (ongeveer) gelijk is aan die van de aarde.

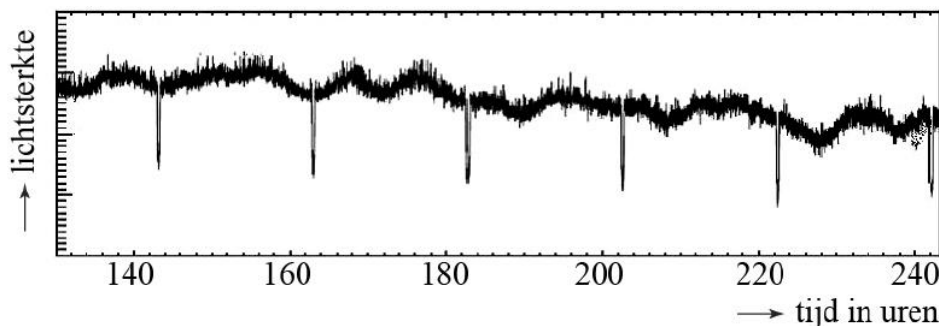
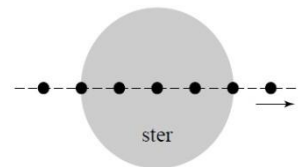
b) Hoe groot is in dat geval de massa van de planeet, uitgedrukt in de massa van de aarde? Licht je antwoord toe.

Corot-exo-7b is ontdekt met behulp van de transitmethode.

Telkens als de planeet in zijn baan voor de ster langs komt (zie nevenstaande afbeelding), dekt hij een klein deel van de ster af.

Daardoor verandert de lichtsterkte van de ster periodiek. Zie nevenstaande afbeelding

Een 'jaar' duurt op deze planeet erg kort.



c) **Bepaal** met behulp van bovenstaande afbeelding hoe lang een 'jaar' op deze planeet duurt. Ga na of je antwoord overeenkomt met de waarde die in de tabel is opgegeven.

Uit de gegevens in de tabel kan men berekenen dat de baansnelheid van de exoplaneet $2,2 \cdot 10^2$ km/s is.

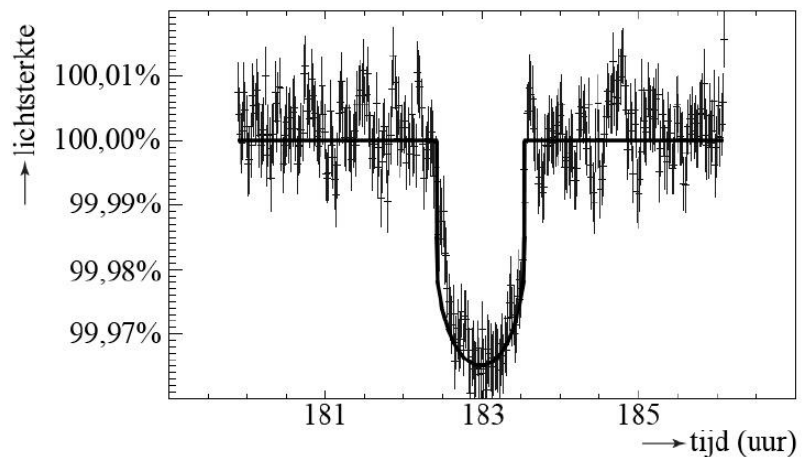
d) Voer die **berekening** uit.

In nevenstaande afbeelding is een deel van bovenstaande afbeelding uitvergroot. De getrokken lijn is de trendlijn door de meetpunten.

e) **Bepaal** met behulp van nevenstaande afbeelding de diameter van de ster. Neem daarbij aan dat de diameter van de planeet te verwaarlozen is ten opzichte van de diameter van de ster.

In de tabel staat de effectieve temperatuur (oppervlaktetemperatuur) van de ster waar de planeet omheen draait.

f) Is de kleur van deze ster roder of blauwer dan die van de zon? Licht je antwoord toe.



BIJLAGE Opgave 2

| eigenschap | van ster P het grootst | van ster Q het grootst | voor ster P en Q gelijk |
|--------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| baanstraal | | | |
| baansnelheid | | | |

