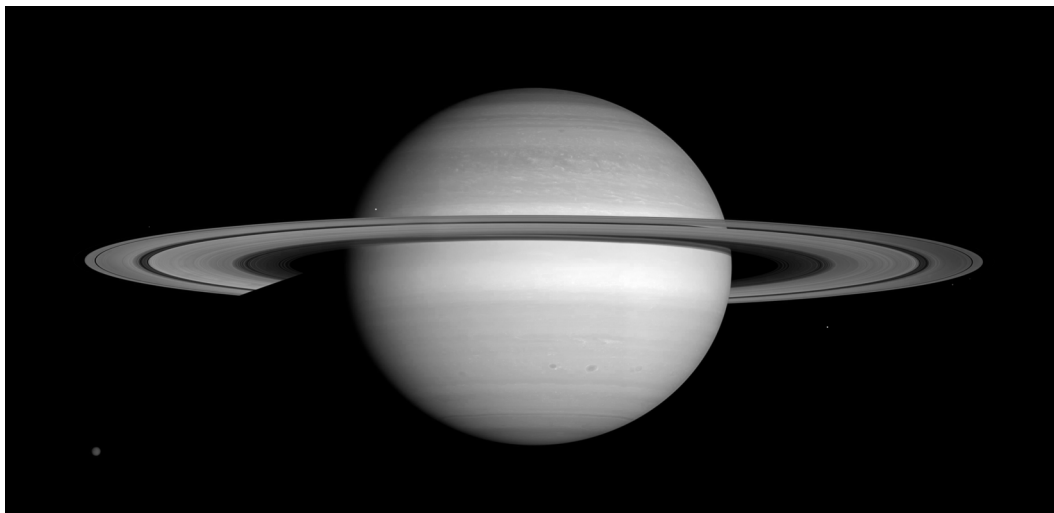


## Opgave 2 Ringen van Saturnus

Saturnus is de op één na grootste planeet van ons zonnestelsel. Saturnus staat bekend om zijn ringen rond de evenaar, die bestaan uit ijs- en rotsdeeltjes. De diameter van deze deeltjes kan variëren van een enkele centimeter tot een meter. Zie figuur 1.

figuur 1



De ringen strekken zich uit tot een straal van  $137 \cdot 10^6$  m en blijken minder dan 100 m dik te zijn. Ze worden vaak met een DVD-schijfje vergeleken, wat betreft de verhouding tussen straal en dikte.

- 2p 4 Laat aan de hand van een berekening zien of de Saturnus-ringen in verhouding veel dunner of veel dikker zijn dan een DVD-schijfje.

Hieronder wordt de geschiedenis van de ontdekking van de ringen van Saturnus kort weergegeven:

- |      |   |
|------|---|
| 1610 | Galilei ontdekt als eerste de ringen van Saturnus met een primitieve telescoop.                                     |
| 1612 | Tot zijn verbazing kon Galilei geen ringen meer rond Saturnus waarnemen.  |
| 1655 | Met een verbeterde telescoop stelt Huygens vast dat het echt om volledige ringen gaat.                              |
| 1848 | Roche berekent een theoretische limiet waarbinnen manen om een planeet uiteenvallen tot kleine brokstukjes.         |
| 1859 | Maxwell laat theoretisch zien dat de ringen geen vast geheel kunnen vormen, maar moeten bestaan uit losse deeltjes. |
| 1895 | Keeler bevestigt de theorie van Maxwell experimenteel.  |

Het feit dat Galilei de ringen in 1612 niet meer kon vinden, zegt iets over de positie van de aarde ten opzichte van het draaivlak van de ringen.

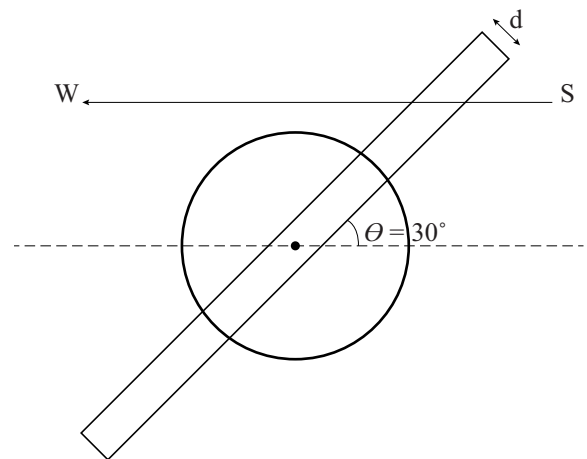
- 2p 5 Leg dit uit aan de hand van een schets.

Als de ringen voor een ster S langs trekken, constateert een waarnemer W dat de straling van S verzwakt wordt tot 17% van de oorspronkelijke hoeveelheid.

Uit modelberekeningen bij de veronderstelde dichtheid en samenstelling van de ringen volgt een halveringsdikte net als bij ioniserende straling. Zie figuur 2.

Hiervoor geldt:  $d_{\frac{1}{2}} = 59$  m.

figuur 2



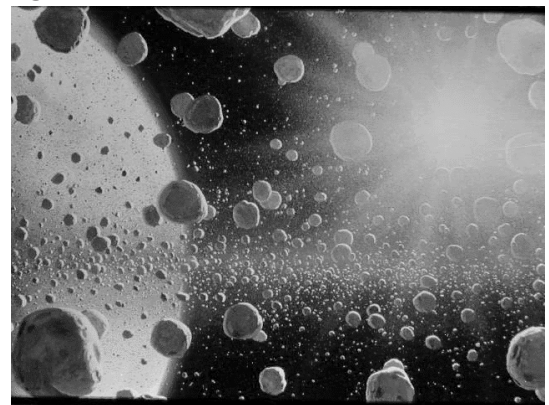
- 4p 6 Bereken de dikte  $d$  van de ringen die hieruit volgt.

De deeltjes waar de ringen uit bestaan, draaien om de planeet Saturnus.

Zie figuur 3. Hierover gaan de onderstaande twee stellingen:

- 1 De draaiing van de ringdeeltjes is een voorwaarde voor het bestaan van de ringen.
- 2 De draaiing van de ringdeeltjes is onafhankelijk van de draaiing van Saturnus om zijn eigen as.

figuur 3



- 2p 7 Leg van elke stelling uit of deze juist is.

Elk ringdeeltje beschrijft een cirkelbaan rond Saturnus met straal  $r$ . Voor het verband tussen de omlooptijd  $T$  en de straal  $r$  geldt:  $T = kr^{\frac{3}{2}}$ , waarin  $k$  constant is. De deeltjes aan de binnenkant van een ring en de meer naar buiten gelegen deeltjes worden vergeleken. Dit levert drie stellingen op.

- 2p 8 Welke van de drie stellingen is juist? Licht je antwoord toe.
- a Binnendeeltjes raken achter op buitendeeltjes.
  - b De ringen draaien als één geheel.
  - c Buitendeeltjes raken achter op binnendeeltjes.

In 1848 stelde Roche een algemeen model op voor een rotsblok dat om een planeet cirkelt onder invloed van de gravitatiekracht.

In dit model worden de krachten in drie punten L, M en N met elkaar vergeleken. De gravitatiekrachten  $F_g$  in die punten verschillen van elkaar. Ook de benodigde middelpuntzoekende krachten  $F_{mpz}$  op materiaal in de punten verschillen van elkaar. De situatie is schematisch weergegeven in de figuur op de uitwerkbijlage. In die figuur zijn met pijlen drie krachten aangegeven.

- 4p 9 Voer de volgende opdrachten uit:

- Teken de krachtpijl van de benodigde middelpuntzoekende kracht in punt N en de krachtpijlen van de gravitatiekracht in de punten L en N.
- Leg aan de hand van de getekende krachtpijlen uit dat het rotsblok uit elkaar valt.

