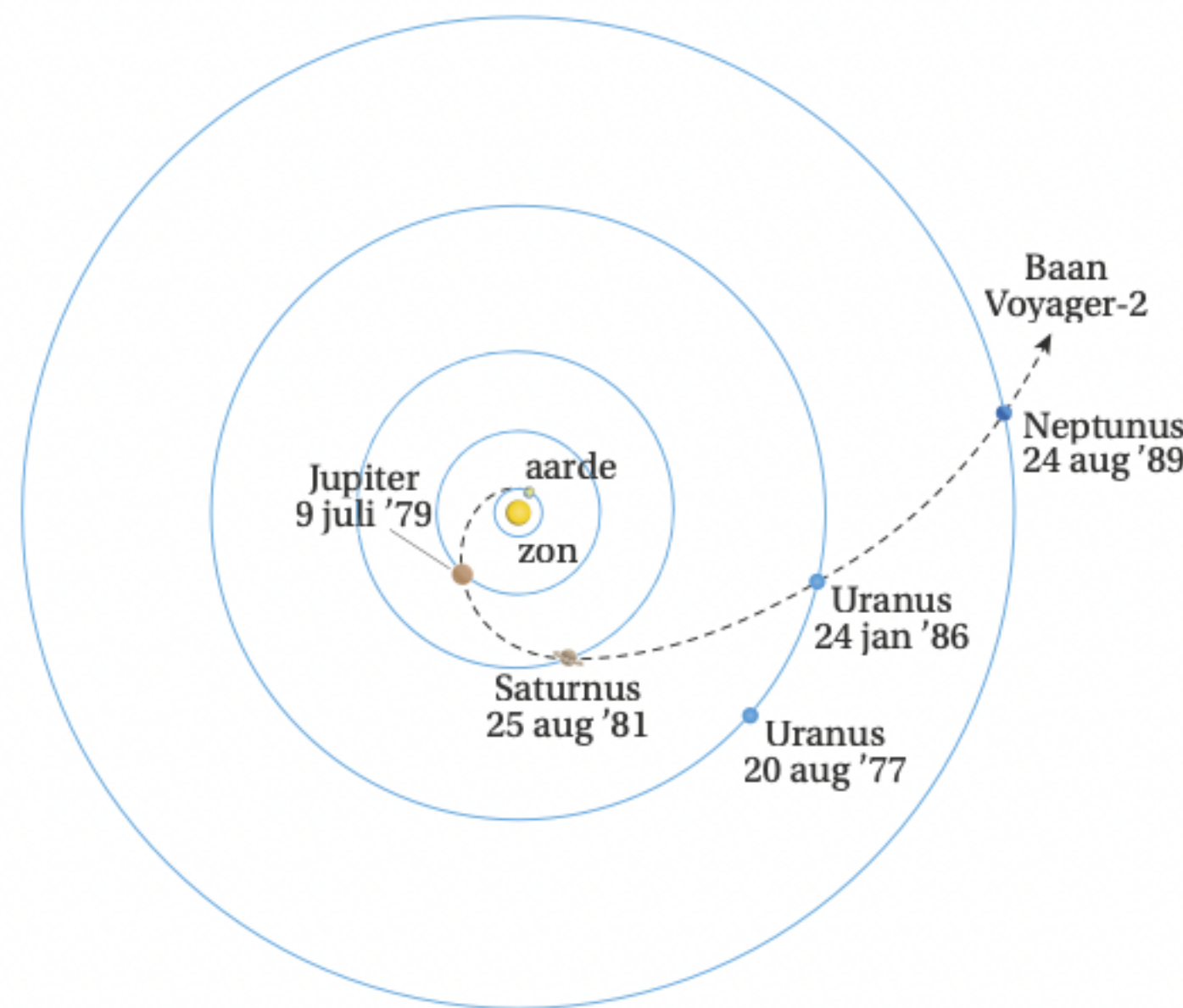


24 Op 20 augustus 1977 lanceerde de NASA vanaf Cape Canaveral in Florida een raket waarmee de ruimtesonde Voyager-2 in een baan langs de buitenplaneten werd gebracht. Buitenplaneten zijn de planeten die verder van de zon afstaan dan de aarde. Het doel van deze missie was om deze planeten van dichtbij te bestuderen. In figuur 11.28 is met een stippellijn de baan aangegeven die de Voyager-2 inmiddels heeft afgelegd. De Voyager-2 werd door elke planeet die hij passeerde zodanig van richting veranderd dat hij koers zette naar de volgende planeet. Op 9 juli 1979 passeerde Voyager-2 de planeet Jupiter op een afstand van $5,7 \cdot 10^5$ km. De massa van de Voyager-2 is 722 kg.

- Bereken de gravitatiekracht van Jupiter op de Voyager-2 op die afstand.
- Laat met een berekening zien dat de gravitatiekracht van de zon op de Voyager-2 op 9 juli 1979 te verwaarlozen is in vergelijking met de gravitatiekracht van Jupiter op de Voyager-2.

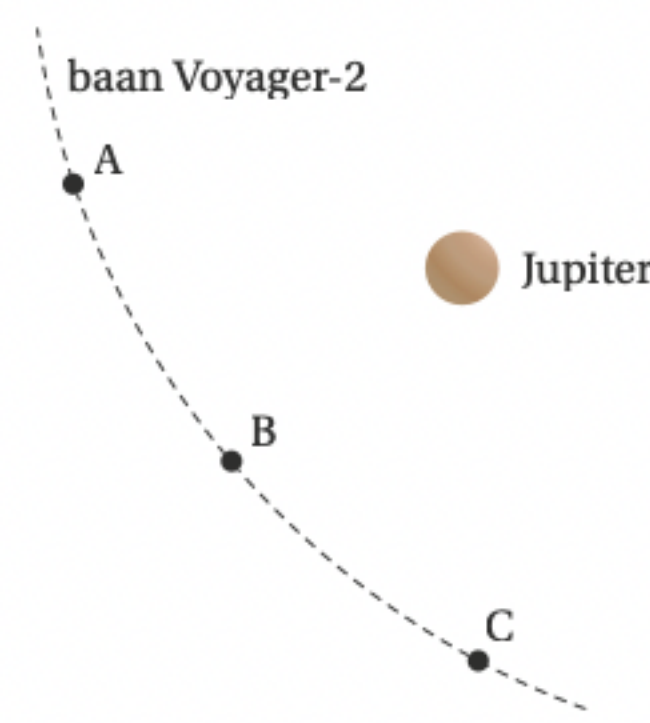


Figuur 11.28

In figuur 11.29 is de baan van de Voyager-2 om Jupiter schematisch getekend. Op de baan zijn drie punten A, B en C aangegeven.

- Geef in figuur 11.29 de richting van de gravitatiekracht van Jupiter op de Voyager-2 in de punten A, B en C aan met een pijltje.

De reis van de Voyager-2 was alleen mogelijk doordat de buitenplaneten ten tijde van de lancering op een geschikte plaats stonden.



Opgave 24

- De gravitatiekracht bereken je met de formule voor de gravitatiekracht.

$$F_g = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

$$G = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \quad (\text{zie BINAS tabel 7A})$$

$$m = 722 \text{ kg}$$

$$M_{\text{Jupiter}} = 1900 \cdot 10^{24} \text{ kg} \quad (\text{zie BINAS tabel 31})$$

$$r = 5,7 \cdot 10^5 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } F_g = 6,67384 \cdot 10^{-11} \times \frac{722 \times 1900 \cdot 10^{24}}{(5,7 \cdot 10^5)^2} = 2,817 \cdot 10^8 \text{ N.}$$

$$\text{Afgerond: } F_g = 2,8 \cdot 10^8 \text{ N.}$$

- Dat de gravitatiekracht van de zon op Voyager-2 verwaarloosbaar is beredeneer je door die te vergelijken met de gravitatiekracht van Jupiter op Voyager-2. De gravitatiekracht van de zon bereken je met de formule voor de gravitatiekracht. De afstand van de zon tot Voyager-2 bepaal je met figuur 11.28.

In figuur 11.28 zie je dat op 9 juli 1979 de afstand van de zon tot de Voyager-2 ongeveer gelijk was aan de afstand van de zon tot Jupiter.

$$r_{\text{Zon-Jupiter}} = 0,7883 \cdot 10^{12} \text{ m} \quad (\text{zie BINAS tabel 31})$$

$$\text{dus } r_{\text{Zon-Voyager-2}} = 0,7883 \cdot 10^{12} \text{ m}$$

$$F_g = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

$$G = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \quad (\text{zie BINAS tabel 7A})$$

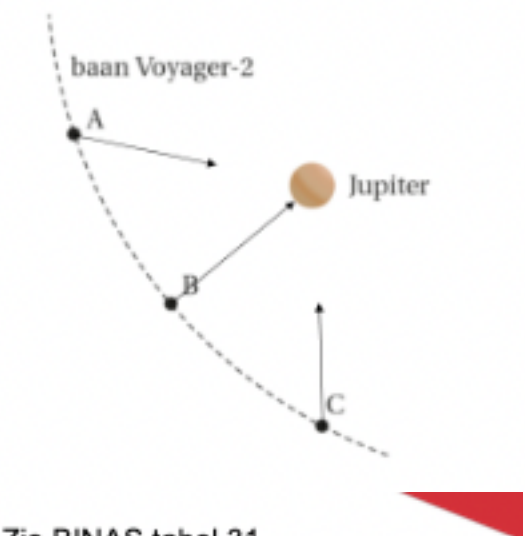
$$M_{\text{Zon}} = 1,9884 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$\text{Invullen levert: } F_g = 6,67384 \cdot 10^{-11} \times \frac{722 \times 1,9884 \cdot 10^{30}}{(0,7883 \cdot 10^{12})^2} = 1,54 \cdot 10^{-1} \text{ N.}$$

Dat is verwaarloosbaar klein ten opzichte van $2,8 \cdot 10^8 \text{ N}$.

- Zie figuur 11.7. De punten A en C liggen even ver van Jupiter. Dus de gravitatiekrachten zijn gelijk. Punt B ligt dichterbij Jupiter dan A en C. Dus de gravitatiekracht in punt B is het grootst.

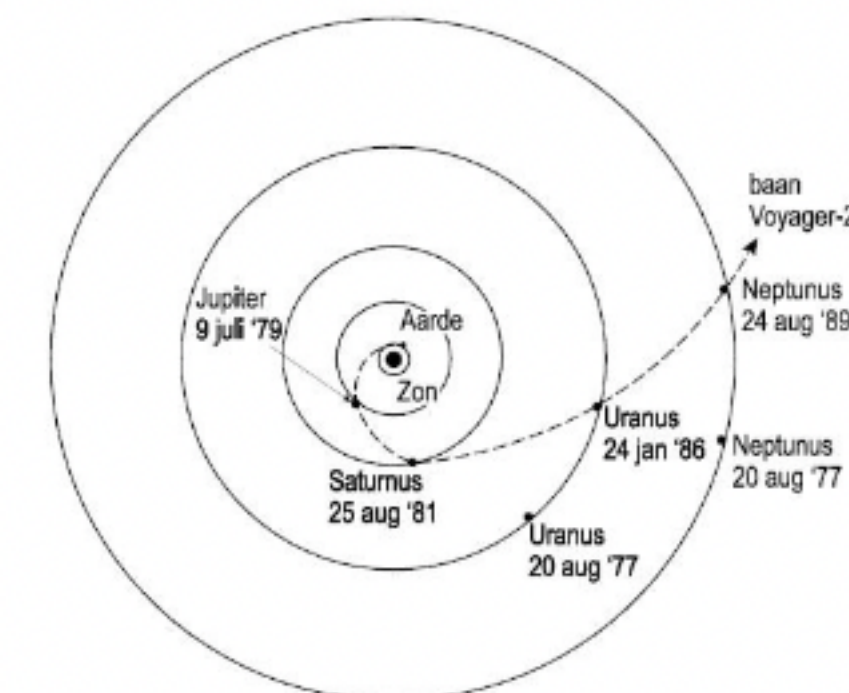
Figuur 11.7



- De omlooptijd van Neptunus om de zon is 164,8 jaar. Zie BINAS tabel 31. Tussen 20 augustus 1977 en 24 augustus 1989 zit ongeveer 12 jaar. De afgelegde hoek is dus:

$$\frac{12}{164,8} \cdot 360 = 26,2^\circ$$

Zie figuur 11.8.



Figuur 11.8

- De snelheid neemt af door de gravitatiekracht van de zon. De richting van deze kracht is tegengesteld aan de richting waarin Voyager-2 beweegt. Daardoor is er een vertraging waardoor de snelheid afneemt.
- De tijd schat je met de formule voor de snelheid bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$s = 8,2 \cdot 10^{16} \text{ m} \quad (\text{zie BINAS tabel 32B})$$