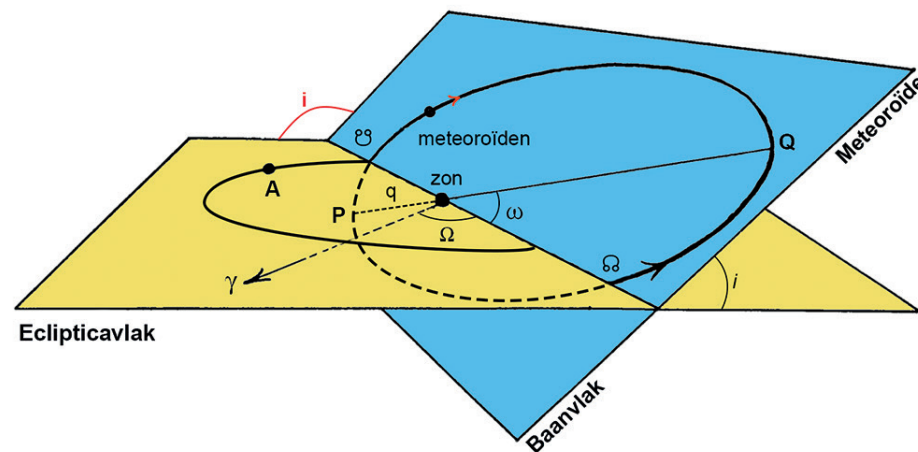


De baanelementen van een hemellichaam

Bij de ontdekking van bijvoorbeeld een nieuwe komeet worden altijd de baanelementen gegeven. Die definiëren de omtrek, vorm en oriëntatie van de baan in de ruimte, waaruit je dan de zichtbaarheid van de komeet vanaf de aarde kunt afleiden. Ook de banen van alle andere objecten in het zonnestelsel worden beschreven door vijf baanelementen.

Door Hans Betlem (Dutch Meteor Society)

De eerste wet van Kepler zegt dat alle planeten in ellipsbanen rond de zon draaien, waarbij de zon zich in een van de twee brandpunten van de ellips bevindt. Meetkundig gezien is een ellips een verzameling van punten waarvan de som van de afstanden tot twee gegeven punten een vaste waarde heeft. Die twee punten worden de *brandpunten* van de ellips genoemd. Dit geldt in het platte vlak. Een ellips is dus niet zomaar een ovaal of eivormige figuur. Een zuivere ellips kun je eenvoudig tekenen door twee punaises of spijkers in een stuk karton te prikken. Met een gesloten lus van een stukje touw kun je dan een figuur tekenen, waarbij je het touwtje steeds strak houdt (Figuur 2). De afstanden van de omtrek van de ellips tot de beide punaises bij elkaar opgeteld heeft steeds dezelfde waarde, namelijk de totale lengte van het touwtje minus de afstand tussen de twee punaises. Door de punaises verder uit elkaar te zetten, wordt de ellips langgerechter, of meer *excentrisch*; dichterbij elkaar zet-



Figuur 1. De baanelementen. Uitleg in de hoofdttekst. (P. Jenniskens, *DMS Visueel Handboek* (1988); bewerking: Mat Drummen)

ten maakt de ellips juist 'ronder'. Wanneer de punaises samenvallen, gaat de ellips over in een cirkel. De cirkel is dus in feite een ellips met excentriciteit nul. Een ellips is met twee getallen te definiëren: de grootte (een langer touwtje maakt de ellips groter) en de excentriciteit, die bepaald wordt door de afstand tussen de brandpunten.

Ellipsbaan

Gaan we van onze papieren tekening naar het zonnestelsel, dan krijgen we Figuur 3.

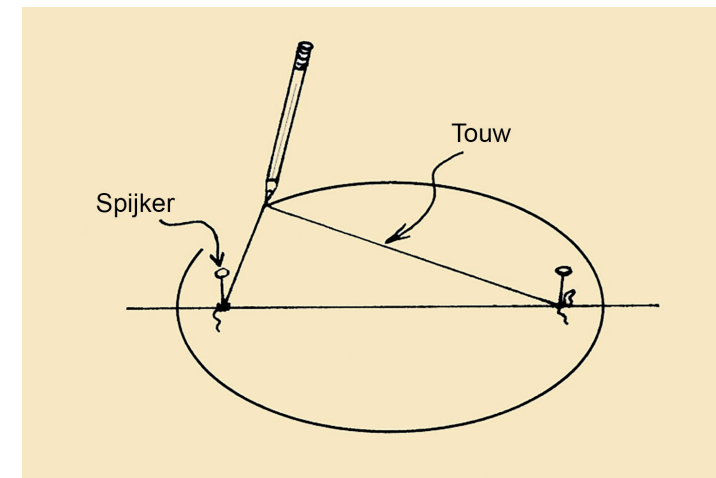
P is het *perihelium*, het punt waar het object het dichtst bij de zon komt, en Q het *aphelium*, de grootste afstand tot de zon. Bij objecten in een elliptische baan om de aarde, zoals de maan en satellieten, worden deze punten respectievelijk *perigeum* en *apogeum* genoemd.

Een ellips is met twee getallen vast te leggen: a = de halve lange as; e = de excentriciteit.

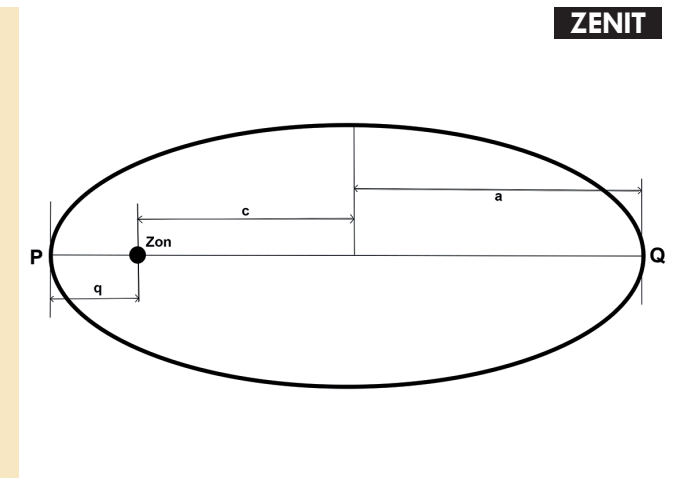
De excentriciteit is gedefinieerd als $e = c/a$ (zie Figuur 3 voor de betekenis van c). Bij een cirkel is $c = 0$ en dus $e = 0$. Het getal c wordt in de astronomie niet gebruikt, maar wel het getal q , de periheliumafstand. Die kan direct uit a en e worden berekend: $q = a(1 - e)$. Daarmee is de grootte van de ellipsbaan in het zonnestelsel vastgelegd. We moeten echter driedimensionaal denken om de oriëntatie van de ellipsvormige baan in de ruimte vast te stellen en daarvoor zijn drie extra baanelementen nodig. Bovendien kan de ellips ook onder invloed van de zwaartekrachtwerking van de overige planeten op drie manieren van oriëntatie veranderen: draaien in het eigen baanvlak, roteren om de lange as en roteren om de korte as.

Oriëntatie

Figuur 1 laat een mogelijke oriëntatie zien van de baan van een hemellichaam in het zonnestelsel, bijvoorbeeld een meteoroïde, ten opzichte



Figuur 2. Zo teken je een zuivere ellips. (math.stackexchange.com; bewerking: Mat Drummen)



Figuur 3. Een ellipsvormige baan. De hoofdttekst geeft uitleg. (*DMS Visueel Handboek* (1988); Mat Drummen)

van de baan van de aarde (de aarde is aangegeven met A). Het vlak waarin de aardbaan zich bevindt, is het *eclipticavlak*. Het punt waar de baan van het hemellichaam de ecliptica snijdt, wordt een *knoop* genoemd. Gaat het hemellichaam van onder naar boven door het eclipticavlak, dan is dat punt de *klommende knoop* Ω; gaat het hemellichaam van boven naar onder, dan gaat het door de *dalende knoop* Ω.

Figuur 1 maakt duidelijk, dat een ontmoeting met de aarde in dit voorbeeld alleen mogelijk is in de dalende knoop want in de klommende knoop is er geen snijpunt met de aardbaan. Een meteorozwerm is in het algemeen alleen vanaf de aarde waarneembaar wanneer die in zijn klommende of dalende knoop dicht genoeg bij de aardbaan komt. En de meteoroïdenzwerm moet uiteraard tegelijk met de aarde in de knoop aankomen. Een enkele meteorozwerm ontmoet de aarde in zijn klommende én dalende knoop: De η-Aquariden die in mei zichtbaar zijn, behoren tot dezelfde meteorozwerm als de Orioniden die we in oktober kunnen waarnemen.

De verbindingslijn tussen beide knopen Ω en Ω wordt de *knopenlijn* genoemd. De zon ligt ook op deze knopenlijn. De verbindingslijn P – zon – Q noemen we de *apsidenlijn*. De drie getallen die de positie van de ellipsbaan ten opzichte van de aardbaan vastleggen zijn:

i = *inclinatie*: de hoek die het baanvlak van het hemellichaam maakt met het eclipticavlak;
 Ω = *lengte van de klommende knoop*: de richting van de knopenlijn, gemeeten ten opzichte van een vastgesteld

nulpunt, het *lentepunt* (γ). Dit is de positie van de aarde in zijn baan bij de aanvang van de astronomische lente.

ω = *de periheliumlengte*: de hoek tussen de knopenlijn en de apsidenlijn.

Precessie

De aardas maakt een langzaam draaiende tolbeweging met een periode van 25.772 jaar. Door deze *precessie* verschuift het lentepunt jaarlijks met ongeveer 0,01 graad. Daarom moeten de baanelementen Ω , ω en i gedefinieerd worden ten opzichte van het lentepunt op een gegeven tijdstip. Momenteel wordt daarvoor de positie op 0 januari 2000.0 gebruikt. Dat wordt *equinox 2000.0* genoemd, meestal aangeduid als J2000.0

Prograad en retrograad

Figuur 1 laat zien dat een object op twee manieren in zijn baan om de zon kan bewegen. De baan heet *prograad*, als het object in dezelfde richting als de aarde om de zon beweegt. Een beweging tegen de draairichting van de aarde in, wordt *retrograad* genoemd. In Figuur 1 is dit aangegeven door respectievelijk de zwarte en rode pijltjes op de baan van de meteoroïden die in twee tegenovergestelde richtingen wijzen. Om het onderscheid te maken wordt bij een retrograde baan voor de inclinatie dan de stompe hoek (rode i) gebruikt. De bekende Perseïdenzwerm heeft een retrograde baan, met een inclinatie van ongeveer 114 graden.

Samengevat worden banen in het zonnestelsel met vijf getallen aangegeven: a en e voor de grootte en de vorm; Ω , ω en i voor de oriëntatie.

Berekenen

Het berekenen van de baanelementen van een meteoroïde heeft zijn beperkingen. We nemen immers maar een zeer kort deel van de baan van het object waar: de vurige baan als meteoroor door de dampkring. De snelheid langs deze baan is vertraagd en de baan zelf is door de zwaartekracht van de aarde al enigszins afgebogen. De baanelementen van meteoroïden worden berekend uit de – liefst nauwkeurig berekende – positie van de radiant en de initiële snelheid waarmee de meteoroïde de atmosfeer is binnengedrongen. De radiantpositie geeft de richting aan van het laatste stukje van de ellipsvormige baan. De initiële snelheid geeft de halve lange as en de excentriciteit van de ellips. ●

Verder lezen

P. Jenniskens: *DMS Visueel Handboek* (1988). Als pdf downloadbaar vanaf <http://ftp.dutch-meteor-society.nl/>

P. Jenniskens, M. de Lignie: *Radiant, Journal of the Dutch Meteor Society*, vol. 9 (1987) blz. 10.



Figuur 4. Afgelopen voorjaar was 12P/Pons-Brooks een mooie verschijning. De baanelementen van de komeet: a : 17,99 AE, e : 0,95460, i : 74,191°, Ω : 255,86° en ω : 198,99°. (Wikipedia)