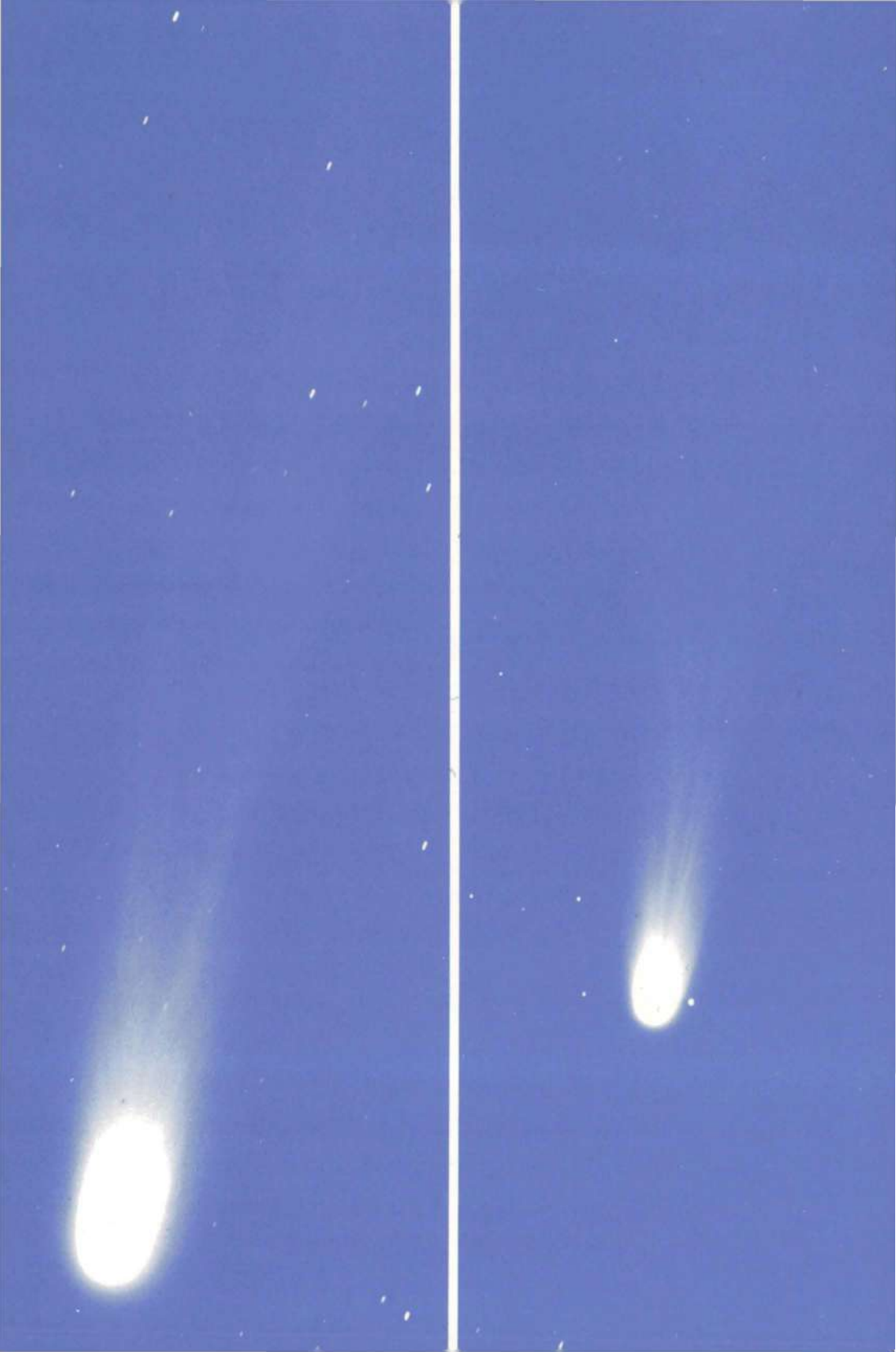
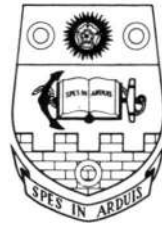




MISCELLANEA 53
UNISA 1985



Halley se Komeet

1985/6

GAWIE CILLIÉ
WALTER WARGAU

UNIVERSITEIT VAN SUID-AFRIKA
PRETORIA

©Universiteit van Suid-Afrika
Alle regte voorbehou

ISBN 0 86981 374 9

Geset deur
Transferset (Pty) Ltd
Johannesburg

Gedruk deur
Sigma Press (Pty) Ltd
Pretoria

Uitgegee deur die
Universiteit van Suid-Afrika
Muckleneuk, Pretoria

Opgedra aan

Hettie
en Gertraud

'n Woord vooraf

Ek beskou dit as 'n eer dat ek versoek is om die "Woord Vooraf" te skrywe vir dié boek van professor Cillié en dr Wargau, wat op 'n baie geskikte tyd sal verskyn: te midde van die voorbereidings vir die tweede koms van Halley se komeet tydens die huidige eeu.

Daar is nog nie baie populêre sterrekundige boeke van 'n hoë gehalte in Suid-Afrika gepubliseer nie. Hierdie publikasie is des te meer welkom aangesien dit nie net aan die genoemde kriterium voldoen nie, maar ook antwoorde gee op al die vrae oor komete wat tans op almal se lippe is.

Daar het onlangs heelwat boeke van alle soorte in Engels beskikbaar geword oor komete in die algemeen en Halley s'n in die besonder, en nou het ons 'n uitstekende boek in Afrikaans oor die onderwerp. Die skrywers en uitgewers moet geluk gewens word omdat hulle aan 'n werklike behoefte voldoen.

J.C. BENNETT
PRETORIA
JULIE 1985

Inhoud

Voorwoord ix

Inleiding 1

- 1 Komete maak mense bang 3
- 2 Edmond Halley (1656-1742): die man met baie talente 15
- 3 Halley en sy komeet 23
- 4 Halley se komeet in 1835 en 1910 31
- 5 Komete en hul bane in die ruimte 42
- 6 Waarvan is komete gemaak? 47
- 7 Waar kom komete vandaan? 58
- 8 Besondere komete van die verlede 63
 - a) Die ster van Betlehem 67
 - b) Encke se komeet 69
 - c) Donati se komeet (1858 VI) 70

- d) Tebbutt se komeet (1861 II) **70**
- e) Komeet Arend-Roland (1957 III) **71**
- f) Komeet Ikeya-Seki (1965 VIII) **71**
- g) Komeet Kohoutek (1973 XII) **74**
- h) Bennett se komeet (1970 II) **75**

9 Wat kan ons van Halley se komeet in 1986 verwag? **80**

BYVOEGSELS

- 1 a) Keëlsneë en hul eksentrisiteite **90**
b) Kepler se drie wette van die planete se bewegings **99**
- 2 Die elemente van 'n baan en iets oor die baansnelheid van Halley se komeet **101**
- 3 Marsden se lys van komete **107**
- 4 Iets oor stergroottes **110**

Indeks **114**

Voorwoord

Hoewel Halley se komeet tydens sy komende besoek aan die nadere omgewing van die son en die aarde volgens verwagting nie so indrukwekkend sal vertoon soos in die verlede somtyds die geval was nie, sal die hele wêreld "die ster met die stert" tussen die duisende ander sterre kan sien. Die verskyning van komete het in die verlede vrees ingeboesem by die mensdom, wat hulle as die voorlopers van rampe beskou het. Halley se ontdekking dat die komeet wat na hom heet 'n lid van die sonnestelsel is, 'n komeet wat met min of meer gereelde tussenposes terugkeer, het veel gedoen om hierdie bygeloof die nek in te slaan.

Die afgelope drie eeue het wetenskaplikes, en veral sterrekundiges, hul bes probeer om die geheime van komete te ontrafel; komete is baie anders as enige ander liggame in die sonnestelsel in gedrag en in voorkoms. Groot vordering in hierdie rigting is reeds gemaak, maar baie vrae bly onbeantwoord. Dis met komete nes met so baie ander verskynsels: die natuur gee sy geheime nie maklik weg nie, en wetenskaplikes moet hard en lank swoeg om dié raaisels op te los.

Vir die eerste keer sal ruimte-eeu-metodes gebruik word vir navorsing in verband met Halley se komeet. Wetenskaplikes en die algemene publiek koester groot verwagtings van die resultate.

Naas 'n hele aantal boeke oor Halley se komeet wat al reeds in ander tale verskyn het, bied die skrywers hierdie publikasie aan vir die Afrikaanslesende publiek. "Halley se Komeet 1985/86" is nie 'n handboek vir die sterrekundige spesialis nie. Die skrywers

het wel die res van die spektrum van lesers in gedagte gehad toe hulle die boek saamgestel het. Hulle het probeer om al die vrae wat mense oor die komeet vra, en in die komende maande nog sal vra, te beantwoord.

Die skrywers wil graag die volgende persone en instansies bedank:

Die Publikasiekomitee van Unisa en veral sy voorsitter, prof HSP Grässer, wat hierdie projek as spoedeisend verklaar het, en op dié manier dit moontlik gemaak het om dit buitengewoon gou af te handel.

Mnr Jack Bennett, wêreldbekende komeetkenner van Pretoria, vir sy gewilligheid om die manuskrip sorgvuldig deur te lees, " 'n Woord Vooraf" te skrywe, en deurgaans hulp te verleen, ook met die verkryging van foto's.

Prime Computers van Johannesburg en veral mnr Mike Emeny vir 'n aantal figure – party in kleur – wat hulle met hul programme en hul rekenaars aan ons verskaf het.

Aan mnr J Churms van die SAAO in Kaapstad en prof FL Whipple, SAO, Cambridge, Mass, VSA, wat goedgunstiglik foto's van Halley se komeet en ander komete verskaf het.

Mnr E van Heerden, waarnemende direkteur van die Departement Uitgewersdienste aan Unisa, en sy personeel vir simpatieke behandeling, die verkryging van kopieregte en die uitleg van die boek.

Mev AF Schrenk wat onder groot druk vir ons 'n deel van die manuskrip getik het.

Inleiding

Komete was lank gelede vanweë hul onvoorspelbaarheid en verrassende onderskeid, 'n bron van bygeloof. Sedert die dae van Newton en Halley drie eeue gelede, het hulle die voorwerpe van intensiewe wetenskaplike studie geword. Die vrae oor hulle oorsprong, ontwikkeling, samestelling en uiteinde is nog lank nie almal volledig en afdoende beantwoord nie. Ons wys in die hoofstukke wat volg op die reuse-vordering wat reeds gemaak is, en die belangrike rol wat Halley en sy komeet in hierdie opsig gespeel het.

Gelukkig hoef sterrekundiges nie elke keer nadat Halley se komeet weer verdwyn het vir 76 jaar lank te wag voordat hulle hul studies kan voortsit nie. Tussenin word daar talle komete ontdek en waargeneem, soms tot 'n tiental of meer per jaar. Die bestaan van verreweg die meeste van hulle is egter net aan sterrekundiges bekend, omdat hulle so dof is dat hulle slegs met teleskope waarneembaar is. Daar is maar enkeles wat helder genoeg word om die aandag van die publiek te trek.

In nege kort hoofstukke behandel ons 'n aantal helder komete in die geskiedenis, veral Halley s'n, die bane van komete, hulle samestelling, en hulle oorsprong. Ons sluit af met 'n voorskou van wat te wagte gaan wees vir

waarnemers in die Republiek wanneer Halley se komeet in Maart/April 1986 op sy beste geplaas sal wees.

Ons beoog om ons lesers met groter begrip te laat kyk na dié komeet en ook ander helder komete wat in die toekoms hulle verskyning sal maak.

Daar sal opgemerk word dat daar elke keer tussen die paar onlangse verskynings van Halley se komeet groot ontwikkelings plaasgevind het op die gebied van sterrekundige waarneming, byvoorbeeld die spektroskoop, die fotografiese proses en natuurlik, verbeterde teleskope. Sedert sy vorige verskyning in 1910 het teleskope weer eens groter geword, is die fotografiese proses verfyn en deur beeldversterking baie meer sensitief gemaak, en het die elektroniese rekenaar 'n kragtige hulpmiddel geword ook vir navorsing in die sterrekunde.

Die moontlikheid om die sterre van buite die atmosfeer waar te neem, het navorsingsmoontlikhede ontsaglik uitgebrei. Omrede daar deur die Europese gemeenskap, die Japanners en die Russe, almal afsonderlik, in 1986 direkte aanslae op die geheime van Halley se komeet met behulp van ruimtetuie gedoen gaan word, kan interessante resultate verwag word.

Ons het probeer om wiskunde en formules in ons hoofstukke te vermy, en het heelwat kennis deur middel van foto's en tekeninge oorgedra. Vir diegene wat nie deur wiskunde en formules afgeskrik word nie, byvoorbeeld diegene wat bekend is met hoërskoolwiskunde asook studente in die sterrekunde aan 'n universiteit, het ons vier byvoegsels aan die einde van die publikasie geplaas om sake verder te verduidelik.

Ons maak in die teks gebruik van drie lengtemate:

- (i) die bekende *kilometer*, kortweg km;
- (ii) die sogenoemde *astronomiese eenheid*, kortweg geskrywe AE. Dit is die gemiddelde afstand tussen die son en die aarde en ongeveer 150 miljoen ($1,5 \times 10^8$) km; dis 'n handige eenheid om te gebruik as 'n mens te doen het met afstande binne die sonnestelsel – die kilometer is hiervoor te kort;
- (iii) die *ligjaar*: dis die afstand wat lig in die loop van een jaar aflê teen 'n spoed van byna 300 000 km/s, en is 'n getal met 13 syfers.

Die verband tussen die drie eenhede is soos volg:

1 ligjaar is ongeveer 63 240 AE en ongeveer $9,46 \times 10^{12}$ km of byna $9\frac{1}{2}$ biljoen km.

Aan die einde van die boek is daar 'n handige indeks.

HOOFSTUK EEN

Komete maak mense bang

Van die vroegste tye af het mense baie bang geword as hulle 'n komeet, 'n ster met 'n stert of roei, aan die hemel sien. Niemand het vooraf geweet wanneer en op watter plek onder die sterre een sou verskyn nie, en mense het vas geglo dat 'n komeet die voerspooksel was van die een of ander ramp.

Die woord “komeet” is afgelei van die Grieks “kometes aster”, wat eintlik beteken “ster met hare”, 'n mens kan maar sê “langhaarster”, wat 'n beskrywing is van die lang stert van 'n helder komeet.

Daar is egter ook na 'n komeet verwys as “dis aster” wat weer beteken “kwade” of “duiwelse” ster. (Vergelyk die Engelse woord “disaster” = “ramp”.) Vir baie mense het 'n komeet gelyk na 'n vlammende swaard aan die sterreheem wat die voorloper van 'n ramp sou wees, of 'n teken van die gramskap van die gode.

In I Kron. 21 lees ons dat koning Dawid, aangehits deur Satan, die volk Israel laat tel het. As straf vir hierdie sonde het die Here vir die koning die keuse gegee tussen drie strawwe: drie jaar hongersnood, drie maande se vlug voor die vyand, of drie dae “waarin die swaard van die Here self en die pes in die land is en die engel van die Here dwarsoor die Israelitiese gebied verderf saai”.

Dawid het die laaste een gekies, maar nadat 70 000 Israëliete afgemaai is deur die pes, het die Here vir die verderf-engel gesê: “Dit is genoeg! Trek jou hand terug”. Die engel was toe by die dorsvloer van Arauna die Jebusiet. Verder staan daar in I Kron. 21:16:

Toe Dawid opkyk en die engel van die Here tussen hemel en aarde sien staan met sy ontblote swaard in die hand en oor Jerusalem uitgestrek, val Dawid en die leiers met rouklere aan op hul knieë neer.

Daar is mense wat reken dat die swaard oor Jerusalem wat Dawid in die hand van die verderf-engel “tussen hemel en aarde” gesien het, die helder stert of roei van 'n komeet was, en dat dit moontlik verwys na die verskyning van Halley se komeet in die jaar 622 v.C. Die feit dat Dawid egter die komeet (“swaard”) in volle daglig gesien het, maak dit onwaarskynlik, want Halley se komeet sou nie helder genoeg gewees het hiervoor nie. Die feit dat 'n komeet te midde van 'n groot ramp gesien is, kon aanleiding daartoe gegee het dat mense ook in later tye die verskyning van komete aan die hemel so gevrees het.

In 1577 het 'n geleerde Franse dokter van die komeet van daardie jaar geskrywe: “Hierdie komeet is so skrikwekkend en vreesaanjaend, en het so 'n skrik onder die bevolking veroorsaak dat sommige gesterf het van vrese en ander siek geword het. Dit was verskriklik lank, met die kleur van bloed; bo-aan was die beeld van 'n geboë arm sigbaar, wat 'n groot swaard vashou, asof dit net reg was om te slaan. Op die punt van die swaard was daar drie sterre. Aan die twee kante van die strale van die komeet was daar 'n groot aantal byle, messe en bebloede swaarde, en tussen hulle baie aaklige menslike gesigte met baarde en hare wat regop staan”.

Selfs nog in die vroeë dae aan die Kaap is die verskyning van 'n helder komeet aan die hemel as 'n teken van die Here se gramskap beskou.

Vóór die koms van die eerste permanente leraar, Johannes van Arckel, wat in 1665 na die Kaap gekom het, is die sielesorg van die bevolking toevertrou aan siekeroosters, wat ook “dominees” genoem is. Die eerste twee, Wylant en Van der Stael, het groot bevrediging aan die mense gegee. Die derde een, Ernestus Back, 'n man van Duitse afkoms, het sy taak goed begin. Hy het byvoorbeeld die eerste skool aan die Kaap vir jong kinders – Blank en nie-Blank – gestig.

Ongelukkig het “dominee” Back die fout gehad dat hy baie lief was vir sterk drank. Dikwels, as hy die daaglikse godsdienste in die Kasteel moes lei, of op Sondae die preek in die eredienste moes lees, was hy besope, en dan moes die Fiskaal sy plek inneem. Die mense het hulle geskaam vir sulke growwe oneerbiedigheid, en die gemeente het hulle vervies “om dagelijcx te moeten sien en hooren dat de name

des alderhoogsten in't midden onder dese noch soo woeste en ongeschaefde toehoorders door soo een onbesuijst mensch schandelijk onteerd en gelastert worden”.

Kommandeur Wagenaar, wat Van Riebeeck opgevolg het, het Back aangespreek oor sy swak gedrag. Hy het gevrees dat die handelswyse van hul geestelike leier daartoe sou bydra dat God sy woede oor die hele gemeenskap sou uitstort. Sy vrees is versterk toe God vir twee maande lank elke nag vir hulle met “een ijzelicken staert sterre aan den hemel is comen te dreijgen”.

Kommandeur Wagenaar het besluit om “dominee” Back en sy huisgesin sonder seremonie op 'n skip (“jag”) na Batavië te stuur.

Voordat Halley in die jaar 1705 voorspel het dat die komeet wat na hom heet gereeld elke driekwart eeu sy herverskyning sou maak, het mense geglo hulle sien elke keer 'n ander of nuwe komeet. In tabel 1 word die datums sedert 240 v C gegee waarop Halley se komeet – volgens berekening – sy naaste punt aan die son in sy baan of perihelion bereik het. Dit was die vroegste jaartal waarvan ons met sekerheid weet dat die komeet gesien is. Sedertdien is dit met tussenposes van ongeveer 76 jaar elke keer waargeneem, met die moontlike uitsondering van dié van 164 v C.

In 87 v C het die bekende Romeinse keiser, Julius Caesar, die komeet ook gesien. Die verskyning van die komeet in 12 v C was 'n bietjie te vroeg om saam te val met die geboorte van Jesus Christus, en tog is daar mense wat dit dwarsdeur die eeue verbind het met die Ster van Betlehem. Ons bespreek dié saak later. Hier wys ons net daarop dat die komeet by hierdie geleentheid deur die Sjinese baie noukeurig vir twee maande gevolg is soos dit deur verskillende sterrebeelde beweeg het. Ook 'n Romeinse geskiedkundige vermeld dat daar in daardie jaar 'n komeet “oor die stad, Rome, gehang het”.

In die jaar 66 was Halley se komeet 'n slegte voorteken vir die Jode. Die Romeine het hulle stad Jerusalem aangeval en verwoes. Die geskiedskrywer, Flavius Josephus, praat by dié geleentheid van die gelykenis tussen die komeet en 'n breë swaard.

Met die koms van die komeet in 451 was die Hunne onder hulle aanvoerder Attila besig om die hele Europa te verower, en het reeds tot in Frankryk gevorder. Gelukkig kon die Romeinse generaal, Aetius, hulle stuit, sodat die komeet in hierdie geval seker as 'n goeie voorteken beskou is.

TABEL 1 — BESOEKE VAN HALLEY SE KOMEET

	PERIHELION			EERSTE GESIEN	LAASTE GESIEN
	JAARTAL	MAAND	DAG		
v C	1059	—	—	—	—
	622	—	—	—	—
	467	—	—	—	—
	240	Mei	25	—	—
	164	Nov	12	—	—
	87	Aug	06	Aug	Aug
	12	Okt	10	Aug 26	Okt 20
n C	66	Jan	25	Jan 31	Apr 11
	141	Mrt	22	Mrt 26	Mei
	218	Mei	17	Apr	Mei
	295	Apr	20	—	Mei
	374	Feb	16	Mrt 03	Mei
	451	Jun	28	Jun 10	Aug 16
	530	Sept	27	Aug 28	Sept 27
	607	Mrt	15	Apr 18	Jul
	684	Okt	02	Sept 06	Okt 24
	760	Mei	20	Mei 16	Jul
	837	Feb	28	Mrt 22	Apr 28
	912	Jul	18	Jul 19	Jul 28
	989	Sept	05	Aug 11	Sept 11
	1066	Mrt	20	Apr 01	Jun 07
	1145	Apr	18	Apr 26	Jul 09
	1222	Sept	28	Sept 03	Okt 23
	1301	Okt	25	Sept 15	Okt 31
	1378	Nov	10	Sept 26	Nov 10
	1456	Jun	09	Mei 26	Jul 08
	1531	Aug	26	Aug 01	Sept 08
	1607	Okt	27	Sept 21	Okt 02
	1682	Sept	15	Aug 24	Sept 22
	1759	Mrt	13	Des 25, 1758	Jun 22
	1835	Nov	16	Aug 05	Mei 19, 1836
	1910	Apr	20	Aug 25, 1909	Jun 16, 1911
	1986	Feb	09	Okt 16, 1982	?

Daar is onsekerheid of die eerste drie datums in die tabel – en die vyfde een – werklik op Halley se komeet betrekking het. Die komeet was nie met elke verskyning ewe gunstig geplaas vir waarneming nie. Vandaar, onder andere, die verskil in die tydperke waartydens dit waargeneem is. Na 1610, toe Galileo die teleskoop uitgevind het, en veral vanaf 1759, kry ons 'n dramatiese toename in die tydperke van sigbaarheid.

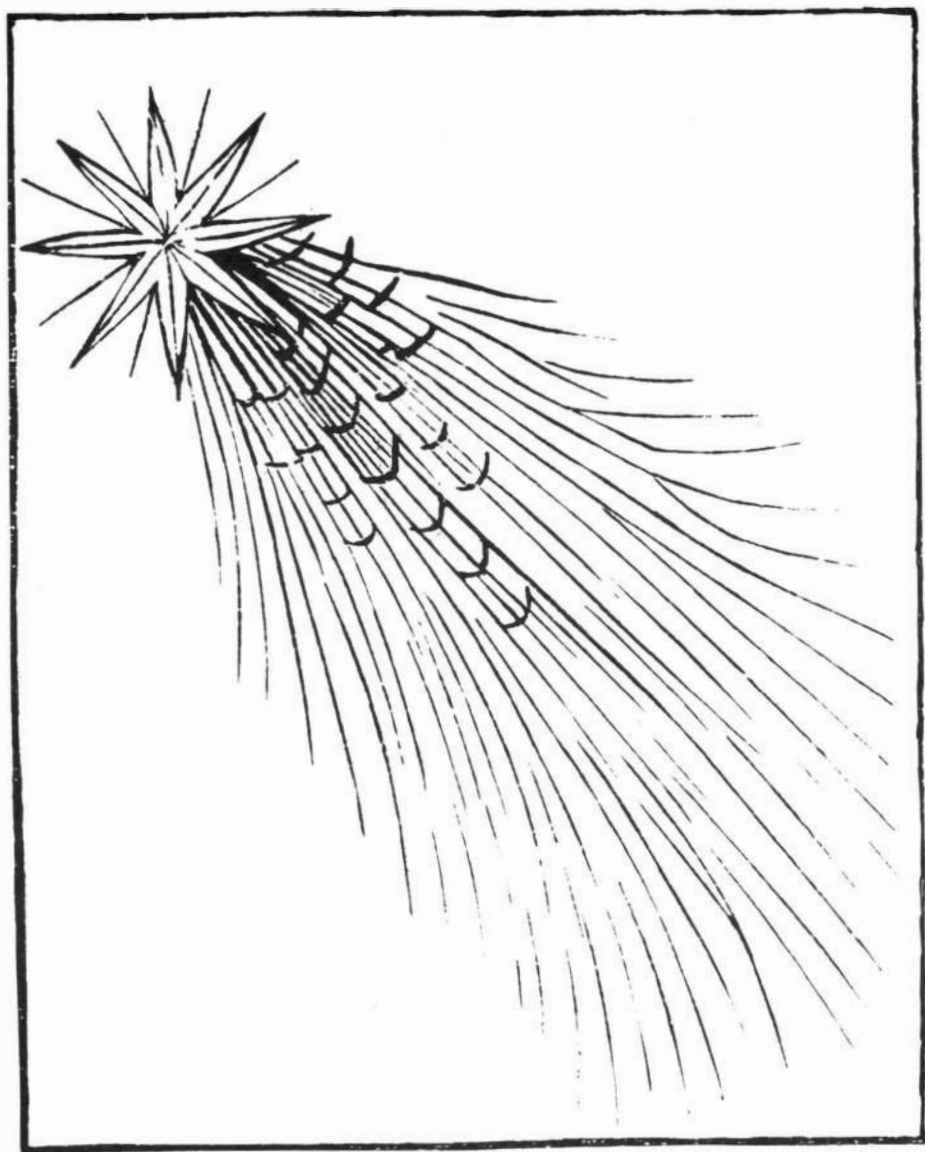


FIG 1: *Die verskyning van Halley se komeet in 684, soos dit in die Nuremberg-kronieke (1493) verskyn het.*

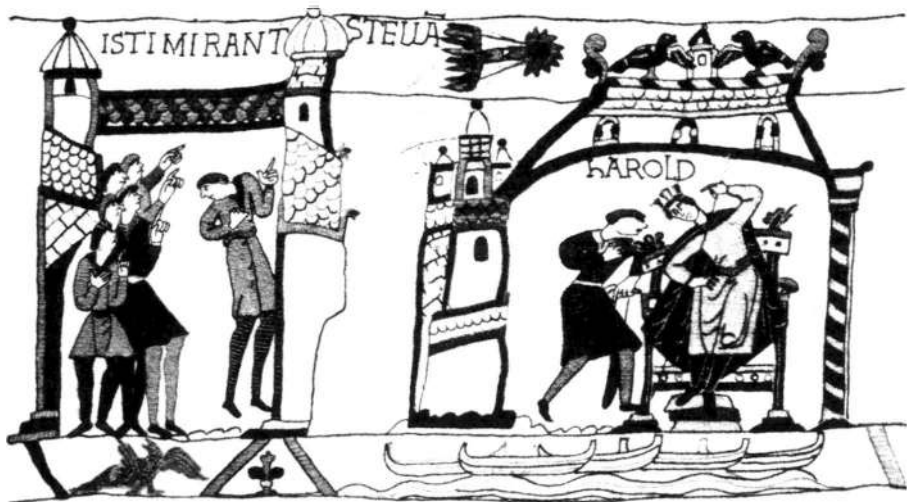
Die eerste bekende tekening van Halley se komeet (fig 1) is gemaak na aanleiding van sy verskyning in 684. Hierdie tekening kom voor in die sogenaamde Kronieke van Nuremberg. Die kronieke is in 1493 gedruk, en daarin is houtsneeprente, onder andere van die komeet van 684. In die kroniek vir hierdie spesifieke jaar word daar gesê dat baie reën, donderweer en weerlig voorgekom het wat die dood van mense en diere tot gevolg gehad het, terwyl die graan verlep en die pes uitgebreek het.

Onder die vier komete wat in 837 gesien is, was dit veral Halley s'n wat die aandag getrek het. Waarskynlik het die komeet by hierdie geleentheid sy grootste helderheid van alle tye bereik. Toe dit op 11 April 837 op sy naaste aan die aarde was, was die afstand slegs 6 miljoen km of een vyf-en-twintigste van die afstand na die son. Ongelukkig sal sy afstand heelwat groter wees wanneer die komeet in April 1986 by ons verbytrek.

Dit was tydens dié besoek van Halley se komeet in 837 dat die Sjinees, Wên Hsien Thung Khao daarvan geskryf het: "Wanneer dit in die môre verskyn (dit wil sê in die ooste), dan wys die stert na die weste; en as dit in die aand verskyn (dit wil sê in die weste), dan wys die stert na die ooste. Dit is 'n vaste reël". Die betekenis van hierdie ontdekking was dat die stert van 'n komeet altyd in die rigting wys weg van die son. Ongelukkig lyk dit asof selfs sterrekundiges dit voorlopig nie gesnap het nie. Eers nadat waarnemings gedoen is deur die 16de eeuse sterrekundige, Petrus Apianus (fig 4), sou hierdie waarheid tot sterrekundiges deurdring.

Halley se komeet was tydens sy besoek in 1066 baie gunstig geplaas. Volgens tabel 1 was dit sigbaar vanaf 1 April tot 10 Junie. Vir die bevolking van Engeland en hulle koning Harold, het die verskyning niks goeds voorspel nie. Willem die Veroweraar van Normandië was besig om 'n inval op Engeland te beplan wat uitgeloop het op die verowering van die Saksiese bevolking en die dood van hul koning Harold tydens die groot slag van Hastings. Iets van die angs wat die koning en sy onderdane ondervind het word uitgebeeld in die beroemde Bayeux-tapisserie (fig 2). Dit is destyds vervaardig en vandag nog te sien in die stadsaal van Bayeux in Frankryk. Op 'n deel van die tapisserie kan 'n taamlik onsekere koning Harold op sy troon gesien word, terwyl 'n aantal van sy onderdane met groot vrees en bewing die komeet aanskou.

Terwyl die Engelse die komeet as die bringer van slegte tyding beskou het, was die boodskap van die komeet vir Willem die Veroweraar: "Engeland is 'n koninkryk wat wag op 'n koning". Ongetwyfeld het dit by hom moed ingeboesem.



MALUM ASTRUM HAROLDO PRAEFIGURATUM A.D.1066 = PRO STELLAE RESURRECTO A.D.1986 DELPHINE DELSEMME FECIT

FIG 2: Halley se komeet, soos dit op die bekende Bayeux-tapisserie afgebeeld is wat geweeft is in die elfde/twaalfde eeu onder die leiding van Odo, biskop van Bayeux, Frankryk, om die sukses van die kampanje van Willem die Veroveraar teen die Engelse onder koning Harold te gedenk. Harold sit wankelend op sy troon en sy onderdane kyk met groot belangstelling na Halley se komeet. Die Latynse woorde "Isti mirant stellā" beteken: "Die mense bewonder die ster." Die Latyn onderaan beteken: "Die ongunstige ster voorgestel aan Harold in 1066," en "Delphine Delsemmé het dit (die tapisserie) gemaak met die oog op die herryseris van die ster in 1986."

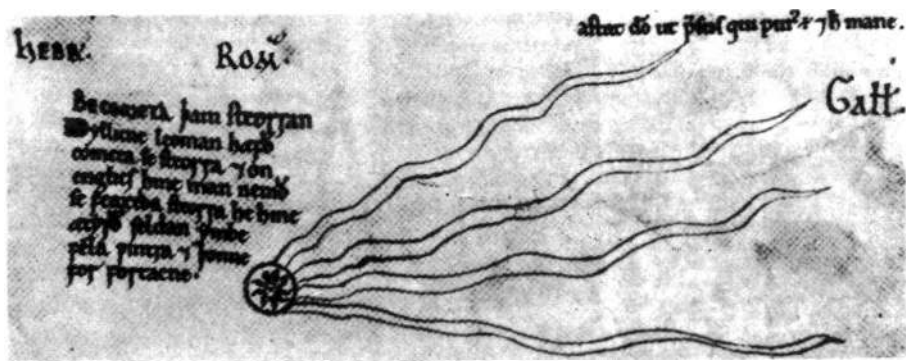


FIG 3: Eadwine se psalter: Die monnik Eadwine het 'n kopie van die vroeëre Utrechtse psalmboek gemaak kort na 1145. Onderaan die bladsy waarop hy Psalm 5 afgeskryf het, is daar 'n afbeelding van 'n komeet of "harige ster". Daarby staan geskryf dat komete maar selde verskyn en onheilspellende voortekens is. Die tekening is moontlik geïnspireer deur die verskyning van Halley se komeet in 1145.

Tydens sy besoek in 1145 het Halley se komeet 'n lang stert gehad, en volgens Sjinese rekords was die kleur blou. Ons sal later sien dat die kleur van die gasstert van 'n komeet soms aangedui word as blou. Daar bestaan 'n ou Psalmboek wat die monnik Eadwine gemaak het kort ná 1145. Dit was 'n kopie van die vroeëre Utrechtse Psalmboek, en onderaan die bladsy waarop Psalm 5 voorkom, is daar 'n afbeelding van 'n komeet of "harige ster" (fig 3). Die byskrif meld dat komete selde verskyn en dan onheilspellende voortekens is. Moontlik is die tekening op daardie plek geïnspireer deur die verskyning van Halley se komeet in 1145.

Met sy koms in 1301 het Halley se komeet weer pragtig en helder vertoon, met 'n lang en breë stert. Dit is waargeneem oor 'n wye gebied wat gestrek het van Europa tot in Sjina. Die Italiaanse skilder, Giotto di Bondone, het 'n baie beroemde muurskildery nagelaat in 'n private kapel in Padua waarop die komeet voorkom – ons bespreek dit verder in hoofstuk 8 by die ster van Betlehem.

Met die koms van Halley se komeet in 1456 was omstandighede gunstig vir 'n helder vertoning. Dit is egter soos gewoonlik as 'n voorbode beskou. Die Turke, wat besig was met 'n veroweringstog in Europa, is daardeur grootliks in die war gebring. Vir sekere Christene in die Weste het die feit dat die stert van die komeet baie soos 'n swaard gelyk het en boonop vanuit die weste beweeg het, aansienlike moed gegee.

Die Italianer, Paolo Toscanelli, het die kop van die komeet beskryf as "rond en so groot soos die oog van 'n os", en die stert vergelyk met die stert van 'n pou wat strek oor een derde van die hemel.

Die waarnemings wat Petrus Apianus, sterrekundige van die Oostenrykse Keiser, in Ingoldstadt in Beiere van Halley se komeet gemaak het in 1531, sou later 'n belangrike rol speel in Halley se ontdekking van die periodisiteit van die komeet. Op die afdruk van 'n houtsnee van Apianus se waarnemings word die bane van die son (met 'n mensgesig) en van die komeet (met die stert) weergegee. Apianus is besig om die hoeke te bepaal tussen die rigtings na die komeet en na bekende sterre (fig 4).

'n Baie belangrike feit wat op die afdruk verduidelik word is dat die stert van 'n komeet altyd in die rigting weg van die son wys, iets wat reeds 700 jaar tevore in Sjina ontdek is. Die komeet beweeg bokant die horison van regs na

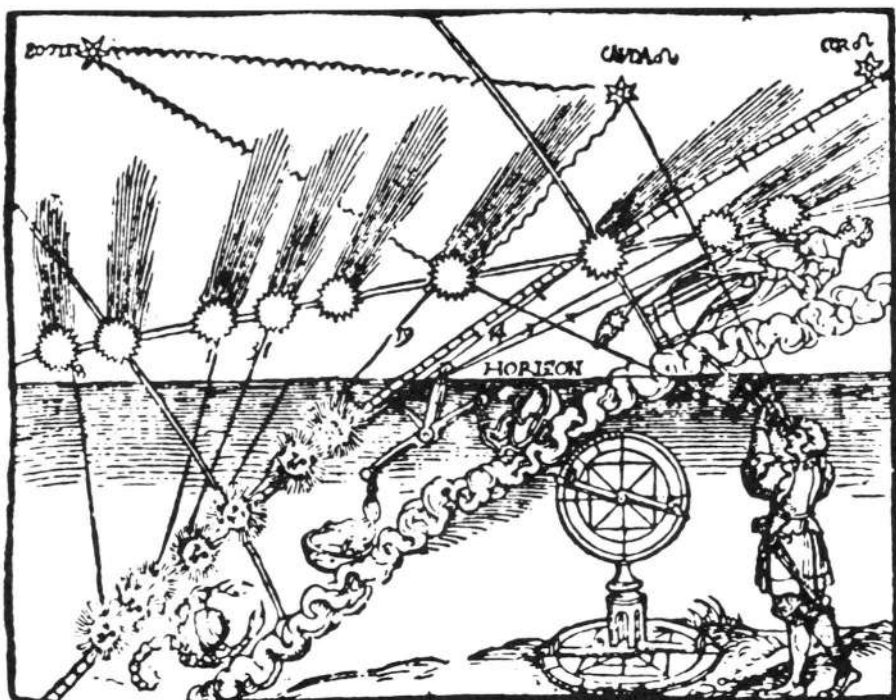


FIG 4: Petrus Apianus se waarnemings van Halley se komeet in 1531 (houtsnee). Volgens die skematiese tekening het die komeet (met die stert) gedurende Augustus 1531 van regs na links bo die horison beweeg, terwyl die son (met die gesig) agter die horison skuins na onder beweeg het. Apianus demonstreer sy ontdekking – wat eintlik 700 jaar tevore in China gemaak is – dat die stert van 'n komeet altyd weg van die son wys langs die lyn wat die son met die komeet se kop verbind.

links, terwyl die son – wat agter die horison sit, anders sou ons die komeet nie kon sien nie vanweë die baie lig – skuins afwaarts beweeg. Die verlengings van die lyne wat die gelyktydige posisies van die son en van die komeet verbind, gee dan die rigting waarin die stert wys.

Dit gebeur uiters selde dat die son en 'n komeet gelyktydig sigbaar is. In sulke seldsame gevalle praat ons van 'n “dagligkomeet”. In verreweg die meeste gevalle is die son agter die horison wanneer ons 'n komeet bekijk. As ons die lyn langs die stert, deur die kop verleng, moet die lyn deur die posisie van die onsigbare son loop. Hierdie resultaat word mooi deur die houtsnee van Apianus se waarnemings van Halley se komeet getoon.

Halley se komeet was tydens sy besoek in 1607 nie heeltemal so opvallend soos by sommige vorige geleenthede nie. Tog was die verskyning belangrik omdat twee sterrekundiges, naamlik die bekende Johann Kepler vanuit Praag, en die Deen, Christian Longomontanus, vanuit Kopenhagen, die komeet se posisies aan die hemel noukeurig gemeet het. Ook hierdie waarnemings sou 'n honderd jaar later vir Halley baie help in sy ondersoek van die komeet. Die komeet is by hierdie verskyning beskrywe as “'n brandende lamp” en “'n vlamme swaard”.

Die verskyning van Halley se komeet in 1607 was sy laaste vóór die ontdekking van die teleskoop in 1610. Van hierdie tyd af sou komete, ook Halley s'n, in veel meer detail waargeneem kon word met teleskope.

Met die verskyning van Halley se komeet in 1682, die laaste verskyning wat “onverwags” plaasgevind het, begin die “moderne” tydperk vir die komeet en vir komete in die algemeen. Daarná sou die terugkeer van die komeet met toenemende noukeurigheid vooruit voorspel word. Die komeet is met steeds verbeterde en nuwe apparaat ondersoek by elkeen van die verskynings van 1758, 1835 en 1910, maar hierdie en die verwagte verskyning van 1985/86 bespreek ons later.

Ons wil nou eers teruggaan en die vraag vra: Waar pas komete in onder die ander hemelliggame soos die sterre, planete, die maan en meteore? Dis 'n vraag wat reeds van die vroegste tye af gevra is.

Lank gelede het die bekende Griekse filosoof, Aristoteles (4de eeu vC), beweer dat komete verskynsels in ons atmosfeer is. Hy het van hulle gepraat as “asemtogte van die buitenste dele van die aarde se dampkring”. Ptolemaios, die groot outoriteit op die gebied van die sterrekunde, wie se idees omtrent die heelal dwarsdeur die middeleeue aanvaar is, het met Aristoteles saamgestem.

Die Romeinse skrywer en filosoof, Lucius Annaeus Seneca (4 vC – 65 nC), het weer gemeen dat komete ware “hemelliggame” is wat langs uitgestrekte bane deur die ruimte beweeg.

Dit was natuurlik alles vermoedens totdat die Deense sterrekundige, Tycho Brahé (1546-1601), probeer het om die afstand vanaf die aarde na die komeet van 1577 te bepaal. Hy kon bewys dat die komeet, toe hy dit waargeneem het, minstens vier maal so ver as die maan was. Daarmee het hy afdoende bewys gelewer dat die komeet ver buite ons dampkring beweeg

en nie 'n verskynsel binne die atmosfeer is soos die meeste mense voorheen geglo het nie.

Seneca het ook 'n merkwaardige voorspelling gemaak oor komete twee duisend jaar gelede. Hy het gesê:

Eendag sal daar 'n man kom wat sal aanwys in welke dele van die hemel komete beweeg; waarom hulle so ver beweeg van die ander planete, hoe groot hulle is; en wat hulle eintlik is.

Halley, soos ons sal sien, het nou wel nie al hierdie vrae beantwoord nie, maar hy het komete se bewegings grootliks opgeklaar en so Seneca se voorspelling gedeeltelik bewaarheid.

Wie hierdie besondere mens Halley was, vertel ons in die volgende hoofstukke. Een ding kan ons nou reeds sê: niemand het meer gedoen as Edmond Halley om mense se bygelowe oor komete en hulle vrees vir hierdie indrukwekkende verskynsels aan die hemel op te klaar nie.



EDMUNDUS HALLEIUS R.S.S.

• Astronomus Regius et Geometriae Professor Savilianus.

FIG 5 : Onder hierdie skets van Edmond Halley (1656 - 1742) is naas die Latynse vorm van Halley se naam ook die belangrikste poste genoem wat hy gedurende sy leeftyd bekleed het, nl RSS = sekretaris van die Koninklike Vereniging; Astronomus Regius = koninklike sterrekundige (te Greenwich); Geometriae Professor Savilianus = professor in Meetkunde in die Saviliaanse leerstoel (aan die Universiteit van Oxford).

HOOFSTUK TWEE

Edmond Halley (1656-1742), die man met baie talente

Edmond Halley, wat later sy naam sou gee aan die beroemdste van alle komete, is gebore naby Londen in Engeland in 1656, dit wil sê ongeveer vier jaar ná die koms van Van Riebeeck na die Kaap. Edmond was die oudste van drie kinders. Sy vader, ook Edmond Halley, het die beroep van seepkoker in Londen beoefen, en het as gevolg van sy beroep daarin geslaag om welgesteld te word. Op 'n stadium het hy 'n goeie inkomste ontvang uit die huurgeld van sy huurhuise in die stad. Die groot vuur van 1666, wat dele van Londen verwoes het, het ook vir Halley se vader 'n groot finansiële terugslag tot gevolg gehad. Ten spyte daarvan het hy sy seun 'n goeie opvoeding laat kry, eers aan die St. Paulusskool in Londen en daarna aan die Queens-kollege in Oxford.

Die jong Edmond was gelukkig in dié sin dat die hoof van sy skool, dr. Thomas Gale, 'n goeie natuurwetenskaplike was wat die jong Halley aangemoedig het. Op 15 jaar was Edmond kaptein van sy skool (by ons sou hy hoofseun gewees het), en voordat hy na die Universiteit van Oxford gegaan het op 16-jarige ouderdom, het hy reeds geleer hoe om sekere sterrekundige waarnemings te doen.

Op Oxford het Edmond hom toegelê op die studie van Wiskunde en Ster-

rekunde, en vóór sy twintigste jaar het hy in die vernaamste wetenskaplike tydskrif van sy tyd 'n stuk in Latyn geskryf oor die bane van planete.

Teen hierdie tyd, 1676, was die jong man reeds vasbeslote om sterrekundige te word, en het die idee om waarnemings in die suidelike halfrond te gaan doen hom gelok. Al die sterrewagte was destyds nog in die noordelike halfrond, van waar die sterre in die omgewing van die hemelse suidpool nie waargeneem kon word nie. Dit het 'n groot leemte gelaat in die kennis van die sterreheemel as geheel.

Halley het verskillende persone geraadpleeg in verband met waar hy sy tydelike suidelike sterrewag sou gaan oprig. Mense het hom aangeraai om óf na Rio de Janeiro in Suid-Amerika, óf na die Kaap te gaan. Omdat albei egter in die hande van “vreemde” moondhede was, het hy op die eiland St. Helena besluit, wat die verste suid gelê het van al die destydse Britse besittings.

Met die seën van die Britse koning, Karel II, en van vooraanstaande wetenskaplikes, en met die geldelike steun van sy vader, is Halley en sy assistent, ene Clerke, in November 1676 uit Engeland weg met al die instrumente wat hulle vir hulle waarnemings nodig sou kry.

Omstandighede op die afgeleë en eensame St. Helena was maar baie primitief in 1677, en 'n mens staan vandag verstom om te dink wat Halley en sy assistent alles daar reggekry het. Bowendien was die eiland met sy baie reën en wolke nie juis 'n sterrekundige se paradys nie. Klare hemel het selde langer as 'n uur geduur, waarna dit vir dae aaneen kon reën. Die wind het ook gedurig erg gewaai.

Halley en Clerke het elke geskikte oomblik vir hulle waarnemings gebruik, en toe hulle vroeg in 1678 terug is na Engeland, het hulle genoeggewens gehad sodat Halley 'n lys van die posisies aan die hemel van byna 350 van die voorheen onbekende suidelike sterre kon opstel.

Halley se besoek aan St. Helena het die afgeleë eiland in die Suid-Atlantiese Oseaan onder die aandag van natuurwetenskaplikes gebring. Omtrent 140 jaar later, gedurende die tydperk 1815–1821, was die eiland weer in die nuus toe Napoleon Bonaparte daarheen verban is en daar gesterf het. Sedertdien het dit nogeens onder die aandag gekom toe duisende Boerekrygsgevangenes gedurende die Anglo-Boereoorlog (1899–1902) daarheen gestuur is.

Terwyl hy op St. Helena was, het Halley 'n briljante ingewing gekry vir 'n

metode om die afstand van die son – die son se parallaks – te bepaal. Veel later, in 1716, skryf hy dat terwyl hy 40 jaar tevore op die eiland besig was met sy waarnemings van die sterre om die hemelse suidpool, hy gesien het hoe die planeet Mercurius as 'n donker kolletjie oor die skyf van die son beweeg. Hierdie verskynsel word “'n oorgang van Mercurius” genoem. Hy merk toe dat hy baie noukeurig die tyd kon meet wat die planeet binne die sonskyf vertoef.

Die sterrekundige, Johan Kepler, het in 1618 ontdek dat daar 'n verband is tussen die afmetings van die bane van die planeete en hul omloopstye of periodes. As die gemiddelde afstand van die planeet van die son a is, en sy periode P , het Kepler gevind dat die verhouding van die derde mag van a (a^3) tot die kwadraat of tweede mag van P (P^2) dieselfde is vir al die planeete (byvoegsel 1(b)). Hierdie wet is van die grootste belang vir sterrekundiges as hulle afstande binne die sonnestelsel wil bepaal.

Dit was in die verlede makliker om tyd-intervalle as afstande te meet, omdat ons in die sterrekunde met sulke groot afstande te doen kry. As 'n mens die periodes van die planeete ken, en jy slaag daarin om net een van die planeete se afstand van die son te meet, kan jy – gewapen met Kepler se “derde” wet – al die ander planeete se afstande bereken.

Halley het gou besef dat die planeet Mercurius nie vir hierdie doel sou deug nie, omdat dit te naby aan die son beweeg; Venus sou 'n veel beter kandidaat wees. Al wat nodig was, was om die tydsduur van Venus se oorgange vanuit twee goed voorafgekoese plekke op die aardbol noukeurig te meet.

Aangesien die aarde en Venus in verskillende baanvlakke om die son beweeg, kan Venus presies tussen ons en die son kom net naby die datums waarop Venus die aarde se baanvlak of ekliptika kruis, naamlik 7 Junie en 9 Desember. In die bygaande tabel word die datums van die oorgange van Venus oor die son se skyf gegee vir die tydperk 1639–2012.

TABEL 2 – DATUMS VAN OORGANGE VAN VENUS

<i>JAARTAL</i>	<i>DATUM</i>
1639	4 Des
1761	5 Jun
1769	3 Jun
1874	8 Des
1882	6 Des
2004	7 Jun
2012	5 Jun

Soos blyk uit hierdie tabel, vind oorgange van Venus elke keer net 'n bietjie langer as 'n eeu ná die vorige oorgang plaas, en dan is daar gewoonlik twee oorgange, agt jaar na mekaar.

Halley was ongelukkig te laat vir die oorgang van 1639 om sy metode van afstandsbepaling van die son op die proef te stel. Hy sou ook nie kon leef tot 1761 nie – hy is in 1656 gebore. Sy metode is ná sy dood met sukses gebruik deur sterrekundiges en dit het vir 'n geruime tyd vir hulle die noukeurigste waarde van die sonafstand gelever. In 1882 het die Amerikaanse sterrekundige, Simon Newcomb, sy teleskoop vir dié doel kom oprig in die gronde van die Hugenote-kollege op Wellington naby die Kaap. Sedert daardie tyd is daar beter metodes gevind om hierdie uiters belangrike bepaling te doen.

Ná die publikasie van sy sterrekundige waarnemings op St. Helena, het die jong Halley 'n bekende onder Britse wetenskaplikes en sterrekundiges op die Vasteland geword. Hy het meer as een reis gemaak om kollegas te besoek. Tydens 'n bootreis oor die Engelse kanaal in 1680 het hy vir die eerste maal die groot komeet van daardie jaar gesien.

In 1682 het hy waarnemings gemaak van die komeet wat hy self later so beroemd sou maak. In April van dieselfde jaar is hy met Mary Tooke getroud en hulle het vir 55 jaar gelukkig saam geleef. Spoedig ná hul troue het die jong egpaar in Londen gaan woon sodat Halley met groter gerief hom kon toewy aan sy wetenskaplike ondersoeke.

Vir Halley was die jaar 1684 een van groot droefheid omdat hy in dié jaar sy vader en sy enigste broer moes afgee aan die dood. Dit was egter ook vir hom 'n jaar wat beslissend was vir sy wetenskaplike ontplooiing, omdat hy vir die eerste maal na Cambridge gegaan het om die vermaarde Isaac Newton te ontmoet.

Na Newton word soms verwys as die grootste natuurwetenskaplike van alle tye. Hy is op 25 Desember 1642 gebore op 'n plekkie, Woolsthorpe, op die Engelse platteland. Hy was 'n uiters swak baba by geboorte en het net-net aan die lewe gebly. Hy was 'n enigste kind, en sy vader is oorlede vóór sy geboorte. Van jongs af het hy verskynsels om hom waargeneem en ondersoek, en daar is 'n verhaal dat hy op vierjarige ouderdom daarin geslaag het om dié probleem op te los: hoe om die som van die honderd getalle

$$1 + 2 + 3 + \dots + 98 + 99 + 100$$

te bereken sonder om deur middel van die lang metode hulle een vir een op te tel. Tot die teleurstelling van sy familie het hy nie belanggestel in boerdery nie.

Vir Newton was dit die vervulling van 'n ideaal toe hy in 1661 na die Universiteit van Cambridge kon gaan. Sy rekord daar was nie juis opspraakwekkend nie. Nadat hy sy graad in 1665 behaal het, het die groot pesplaag Cambridge getref. Al die studente is huis toe gestuur, en die Universiteit is vir twee jaar gesluit. Newton het teruggegaan na die familieplaas te Woolsthorpe, en van sy briljantste ingewings in verband met die bewegings van die hemelliggame het hy juis gedurende hierdie twee jaar van verpligte vakansie gekry.

Die verhaal dat die val van 'n appel grond toe vir Newton in hierdie tyd gelei het tot die ontdekking van die wette van die aantrekkingskrag tussen hemelliggame, kan ten minste gedeeltelik waar wees. Die groot sterrekundiges vóór hom, Copernicus en Kepler, het aangetoon dat die planete nie in reguit lyne beweeg nie, maar in bane om die son. Net so beweeg die maan om die aarde. Hulle is dus gedurig besig om na die son en na die aarde te “val”. Op dieselfde wyse val die appel na die aarde. Daar moet dus kragte wees wat uitgaan van die son en van die aarde. Die vraag waarmee Newton geworstel het was: hoe ver strek die krag van so 'n liggaam en hoe sterk is dit?

Newton het vermoed dat die aantrekkingskrag wat die aarde uitoefen eintlik nêrens ophou nie; dit verswak net met afstand volgens die sogenaamde “omgekeerde kwadraatwet”. Hiervolgens verminder die krag na een kwart van sy waarde as die afstand verdubbel. Hy het ook vermoed dat die krag wat 'n liggaam uitoefen eweredig is met sy massa. Sy volgende vermoede was dat alle liggame in die heelal mekaar volgens hierdie wet aantrek, met ander woorde dat dit 'n universele wet is (byvoegsel 1(b)).

Om vas te stel of sy vermoedens oor die aantrekkingskragte van die hemelliggame klop met die praktyk, moes hy berekenings doen, waarvan sommige heeltemal ingewikkeld was. Trouens, hy moes 'n hele nuwe afdeling wiskunde, die sogenaamde “differensiaalrekening”, ontwerp om die gevolge van sy universele wet van die aantrekking op die bewegings van die liggame af te lei. Hy is op een stadium byna van die spoor gebring deurdat hy eers 'n ou en verkeerde waarde van die aarde se deursnee gebruik het.

Halley het in 1684 na Cambridge gegaan om by Newton te verneem wat hy alles vasgestel het oor die bewegings van planete.

Kepler het 60 jaar tevore ontdek dat die planete elliptiese bane om die son beskrywe. Halley moes egter nou by Newton hoor dat hy bewys het dat hierdie feit maar net die gevolg was van die universele wet van aantrekkingskrag.

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore *J*S. NEWTON, *Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos*
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, *Reg. Soc. PRÆSES.*
Julii 5. 1686.

L O N D I N I,

Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

FIG 6: Die voorbeeld van die eerste uitgawe van Newton se Principia Mathematica. Die outeur word aangedui as JS Newton (in daardie dae was daar nog nie so 'n verskil tussen die I en die J nie). Hy word genoem lid ("fellow") van Trinity-kollege in Cambridge, Lucasianus-professor van Wiskunde, en lid van die Koninklike Vereniging. Die opdrag dat die boek gedruk moes word, is gegee op 5 Julie 1686 deur die voorsitter van die Koninklike Vereniging, Samuel Pepys, die bekende Engelse skrywer. Onderaan staan geskrywe dat die boek in Londen in 1687 verskyn het.

Halley het dadelik besef dat hierdie ontdekking van Newton van die allergrootste belang vir die sterrekunde was, en het die meester herhaaldelik gaan besoek in Cambridge om hom aan te spoor om sy afleidings en bewyse sistematies neer te skrywe. In 1686 is die meesterwerk oor die beginsels van beweging in die natuur voltooi.

Newton het sy werk in Latyn geskrywe, die taal van die geleerdes van daardie dae. Die verkorte titel daarvan was "Principia Mathematica", wat "Wiskundige Beginsels" beteken. In die geskiedenis van die natuurwetenskap word Newton se "Principia" beskou as een van die belangrikste boeke wat ooit gepubliseer is (fig 6).

Die Koninklike Vereniging van Londen, aan wie Halley Newton se manuskrip voorgelê het, het besluit dat dit in druk moes verskyn; maar hulle het geen geld gehad om dit te publiseer nie. Hulle het voorgestel dat Halley dit uit sy eie sak moet betaal. Dit was nie so 'n maklike opdrag om uit te voer nie, aangesien Halley op daardie stadium nie juis 'n welgestelde man was nie. Hy was egter bewus daarvan dat Newton se ontdekkings die mens se kennis geweldig sou verryk. Ons kan vandag sê dat al het Halley in sy hele lewe niks meer gedoen as om die teruggetrokke Newton so ver te kry om sy gedagtes op skrif te stel en om hom te oorreed om sy resultate in druk te laat verskyn nie, sou eersgenoemde nogtans vir altyd beroemd gewees het.

Halley het self na Newton se Principia verwys as 'n "goddelike geskrif", en na die skrywer as die "voortreflikste meetkundige van alle tye". Op 'n ander plek het hy gesê: "nog nooit is daar deur die vermoëns en die toewyding van 'n enkele persoon soveel wetenskaplike waarhede ontdek en bo alle twyfel gestel nie". Later sou iemand tereg beweer dat Newton met sy een boek sterrekundiges vir 'n eeu lank aan die werk gehou het.

Halley was 'n man met baie talente en sy bydraes tot die natuurwetenskap was baie uiteenlopend. Ons vind byvoorbeeld dat hy een van die eerste persone was wat probeer vasstel het wat mense se gemiddelde leeftye is, iets wat vandag baie belangrik is vir die lewensversekeraar. Hy het ook 'n studie van die getye in die oseaan gemaak, en het meer as een reis as aanvoerder van 'n klein skippe onderneem om die kompasrigtings in verskillende gebiede van die Atlantiese Oseaan vas te stel. Dit was aan die anderkant van groot belang vir die seevaart.

In 1703 is die professor in Wiskunde aan die Universiteit van Oxford oorlede, en Halley is in sy pos aangestel. Hierdie aanstelling het daartoe gelei dat hy

belangrike boeke oor die meetkunde vertaal het – boeke wat eeue tevore deur Grieke geskrywe is maar toe nog net in Arabies bestaan het. Hierdie werk het hy gedoen ten spyte daarvan dat hy geen vroeëre kennis van Arabies gehad het nie.

Terwyl Halley wiskundeprofessor aan Oxford was, het hy voortgegaan met sy studies in die sterrekunde. Die belangrikste werk wat hy gedoen het was sekerlik sy studie oor die bane van komete wat hy in 1705 gepubliseer het en waaroor ons meer sal uitbrei in die volgende hoofstukke.

In April 1715 was daar 'n algehele sonsverduistering sigbaar in Londen en in die suide van Engeland, die eerste een ná ongeveer 500 jaar in daardie streek. Aangesien so 'n groot aantal mense dit sou sien, het dit baie opspraak verwek, en Halley se berekenings en waarnemings van die verskynsel het baie aandag getrek.

Halley se ontdekking in 1718 van die sogenaamde “eie beweging” van enkele van die helderste sterre was van groot sterrekundige belang. Hy het die posisies van enkele sterre aan die hemel soos hulle in sy tyd voorgekom het versigtig vergelyk met die posisies wat aangegee is in die katalogusse van Griekse sterrekundiges wat ongeveer 18 eeue vroeër opgestel is. Aangesien daar tot in Halley se tyd vas geglo is dat die sterre hulle presiese posisies behou, met ander woorde “vas” aan die gewelf van die hemel sit, was Halley se ontdekking van die verskuiwings van die sterre 'n groot verrassing. Hierdie ontdekking sou mettertyd gebruik word om te bewys dat alle sterre deur die ruimte beweeg en dat die son, vergesel van sy planetefamilie, ook deur die ruimte beweeg. Ons weet vandag dat die son en die sterre teen 'n aansienlike spoed deur die ruimte voortsnel. Vir die son is dit ongeveer 20 km/s met betrekking tot die nabygeleë sterre. Die feit dat ons sterrebeelde soos Orion en die Sewe Susters vandag nog feitlik net so daar uitsien soos hulle in Job se tyd gelyk het, kan daaraan toegeskryf word dat die sterre so ontsaglik ver van ons is. Dit neem baie eeue voordat 'n mens enige verskuiwings van die sterre met die blote oog kan waarneem.

Op soveel gebiede in die wetenskap en veral in die sterrekunde het Halley baanbrekerswerk gedoen, dat 'n Engelse geleerde eenmaal met reg gesê het dat, hoewel Newton as 'n groter natuurwetenskaplike beskou moet word, Halley 'n seldsamer verskynsel was.

HOOFSTUK DRIE

Halley en sy komeet

Newton het nie aantrekkingskrag of gravitasie ontdek soos mense soms sê nie. Die aarde het nog altyd goed aangetrek, soos vrugte wat van bome val of enigiets wat afkom nadat dit in die lug opgegooi is, en alle mense was bewus daarvan. Wat Newton wel ontdek het, soos ons in hoofstuk 2 gesien het, is dat dieselfde krag 'n appel van 'n boom laat val as wat die maan in sy baan om die aarde hou. So het hy op die gedagte gekom dat alle liggame in die heelal mekaar aantrek – hoe groter die massa van die liggaam, hoe groter die aantrekkingskrag wat dit uitoefen. Hy het ook ontdek dat die aantrekkingskrag van 'n liggaam verminder met afstand volgens die omgekeerde kwadraatwet. Met behulp van hierdie wet en met die gebruik van die “differensiaalrekenen” wat hy in die eerste plek vir hierdie doel ontwerp het, kon Newton aflei dat hemelliggame nie net in sirkels of ellipse beweeg nie. Onder besondere omstandighede kan die bane die vorms van parabole of van hiperbole aanneem.

Die vier soorte kurwes waarvan hier sprake is, naamlik die sirkel, die ellips, die parabool en die hiperbool, kan almal verkry word deur snitte te maak van die liggaam bekend as die regte sirkelvormige keël. Baie mense noem dit eenvoudig die keël. Die vier soorte kurwes heet keëlsneë. Die Grieke het al 'n

studie van hierdie kurwes gemaak, en die ontdekkings van Newton het hulle meteens weer baie belangrik laat word (byvoegsel 1(a)).

'n Hemelliggaam wat langs 'n sirkel of 'n elliptiese baan beweeg, kom met gereelde tussenposes terug na sy vorige posisies. Ons praat dan van die beweging as periodies en van die baan as geslote. Sou 'n hemelliggaam om die een of ander rede langs 'n parabool of 'n hiperbool beweeg, kom hy nooit weer terug na sy vorige posisies nie; hy beweeg naderhand al verder en verder. Sulke bane staan bekend as “oop” bane.

'n Elliptiese baan kan baie na aan sirkelvormig wees, soos byvoorbeeld die baan van die planeet Venus om die son. Ellipse kan ook meer of minder langwerpig wees; so is die baan van die planeet Mercurius om die son baie meer langwerpig as dié van Venus of van die aarde.

Die punt in die baan wat enige liggaam om die son deurloop waar hy op sy naaste aan die son is, word genoem die *perihelion*, van die Grieks: *peri* = naby, en *helios* = son. As die liggaam in 'n ellips om die son beweeg, dan is daar ook 'n punt waar hy die verste afstand van die son bereik. Dit word genoem die *aphelion*, van die Grieks: *apo* = weg van, en *helios* = son. Let op dat die perihelion en aphelion altyd op die langas van die elliptiese baan lê.

Toe Halley met behulp van Newton se metodes die bane van komete bepaal het, was niemand seker of enige komeet 'n geslote baan (ellips) om die son volg nie, want niemand het geweet of komete wat hulle draaie by die son gemaak het nie miskien vantevore ook daar was nie. Halley het geweet dat, indien komete in ellipse beweeg die ellipse baie langwerpig moet wees. Aangesien sulke ellipse gedeeltelik ooreenkom met 'n deel van 'n parabool, het Halley die bane van 'n aantal helder komete volgens Newton se metodes bepaal met die veronderstelling dat hulle in paraboliese bane beweeg. Dit was ingewikkelde berekenings waarmee Halley oor 'n lang tydperk geworstel het.

Hierdie baanbrekerswerk van Halley is in 1705 wêreldkundig gemaak onder die Latynse titel *Synopsis Astronomiae Cometicæ*, en het hom meer beroemd gemaak as enigiets anders wat hy gedoen het. Hy het in die boek die bane om die son van 24 komete so noukeurig bereken as wat hy kon. Sy gedagte was dat, indien daar in die toekoms weer 'n komeet sou verskyn, sterrekundiges die nuwe baan sou kon vergelyk met enige een van die 24 bane, om dan só vas te stel of dit nie dalk 'n “ou bekende” is wat sy herverskyning maak nie.

Cometarum Omnium haecenus rite Observatorum , Motuum in Orbe Parabolico Elementa Astronomica.

Cometa Anni.	Nodus Ascend.	Inclin. Orbitae.	Perihelion. in Orbe.	Perihelion in Elliptica.	Latitudo Perihelii	Diff. ut a Perihelio a ele.	Log. dist. Perihelio a Sole	Temp. equat. Perihelii Londini.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			die. h.	
1337	II 24. 21.	0 32. 11.	0 7. 59.	0 12. 45.	15 22. 40.	30 B	40000	9. 00232 Jan. 2. 6. 25	
1472	VP 11. 46. 20	5. 20.	0 15. 33.	0 15. 40.	20 4. 25.	50 A	54273	9. 73458 Feb. 28. 22. 23	
1531	X 19. 25.	0 17. 56.	0 1. 39.	0 0. 48.	15 17. 3.	05 B	56700	9. 75358 Aug. 24. 21. 18	
1532	II 20. 27.	0 32. 36.	0 21. 7.	0 16. 59.	40 15. 57.	00 B	50610	9. 700603 Oct. 19. 22. 12	
1556	VP 25. 42.	0 32. 6.	0 39. 8.	0 39. 8.	50 11. 6.	00 31. 10.	20 B	46390	9. 606424 Apr. 21. 20. 3
1577	Y 25. 52.	0 74. 32.	45 9. 22.	0 7. 53.	00 09. 35.	20 A	18342	9. 263447 Oct. 26. 18. 45	
1580	Y 18. 57.	20 64. 40.	0 19. 5.	0 50. 19.	17. 10	64 40. 0	B	59228	9. 77545 Nov. 28. 15. 00
1585	X 7. 42. 30	6. 4.	0 8. 51.	0 8. 51.	10 2. 55.	25 A	109358	9. 03885 Sept. 27. 19. 20	
1590	VP 15. 30.	40 29. 40.	40 11. 6.	54 30 2. 55.	50 22. 45.	50 A	51001	9. 700802 Jan. 29. 3. 45	
1596	II 12. 30	55. 12.	0 11. 18.	0 11. 22.	44 35 54.	44 30 B	51293	9. 710058 Jul. 31. 19. 55	
1607	Y 20. 21.	0 17. 2.	0 2. 16.	0 1. 29.	40 10. 10.	5 B	58080	9. 768490 Oct. 16. 3. 50	
1618	II 16. 1.	0 37. 34.	0 2. 14.	0 6. 10.	00 35. 52.	0 A	37975	9. 57942 Oct. 29. 12. 23	
1652	II 20. 10.	0 79. 28.	0 20. 18.	40 11. 10.	41 33 38.	14. 0 A	84750	9. 928140 Nov. 2. 15. 40	
1661	II 22. 30.	3 32. 35.	50 25. 58.	40 21. 37.	30 17. 17.	0 B	44851	9. 651772 Jan. 16. 23. 41	
1664	II 21. 14.	0 21. 18.	30 10. 41.	25 8. 40.	35 16. 1.	5 A	102575	9. 011044 Nov. 24. 11. 53	
1665	III 18. 02.	0 76. 05.	0 11. 54.	30 24. 6.	35 23. 8.	0 B	10649	9. 027309 Apr. 14. 5. 15	
1672	VP 27. 30.	30 83. 22.	10 16. 59.	30 9. 20.	00 27. 42.	B	69739	9. 843470 Feb. 20. 8. 37	
1677	III 26. 49.	10 79. 03.	15 17. 37.	5 16. 21.	05 75. 44.	10 B	28059	9. 448072 Apr. 26. 00. 37	
1680	VP 2. 2.	0 60. 56.	0 22. 30.	2 27. 26.	50 8. 11.	10 A	00612	7. 787100 Dec. 8. 00. 6	
1682	X 21. 16.	30 17. 56.	0 2. 52.	45 2. 0.	30 16. 59.	20 B	58328	9. 765877 Sept. 4. 07. 32	
1683	VP 23. 23.	0 83. 11.	0 11. 25.	29. 30 10.	36 55 82.	52. 00 B	56020	9. 748345 Jul. 3. 2. 50	
1684	VP 28. 15.	0 65. 48.	40 11. 28.	52. 0 15.	15. 25 26.	35. 20 A	66015	9. 982330 May 29. 10. 16	
1686	X 20. 34.	40 31. 21.	40 11. 17.	00. 30 11.	64. 24. 00	31. 17. 35 B	32500	9. 511885 Sept. 6. 14. 33	
1698	VP 27. 47.	15 11. 46.	0 00. 51.	15 0. 47.	20 0. 38.	10 A	69129	9. 839606 Oct. 8. 16. 57	

Hec Tabula vix indiget explicatione, cum ex titulis satis pateat quid sibi velint Numeri. Distantiae autem perihelie aestimantur in ejusmodi partibus quales media distantia Terra à Sole habet centies millenas.
Tabula

TABEL 3 – HALLEY SE TABEL

'n Afdruk van Halley se oorspronklike tabel van die bane van 24 komete soos hy dit gepubliseer het in sy boek Synopsis Astronomiae Cometicae in 1705. Hy het aangeneem dat al die bane parabole is, wat in ieder geval 'n goeie benadering was.

Halley se oorspronklike tabel met die gegewens van die 24 komete se bane verskyn as tabel 3. Die verskillende kolomme gee die sogenaamde elemente van die paraboliese bane wat hy vir hulle aangeneem het (byvoegsel 1 (a)). Kom ons vergelyk die drie gevalle van komete uit die jare 1531, 1607 en 1682 (1ste kolom). Die baan vir die komeet van 1531 is bereken volgens die waarnemings van Petrus Apianus, dié van 1607 volgens die waarnemings van Johann Kepler en Christian Longomontanus, en dié van 1682 volgens Halley se eie waarnemings.

Neem byvoorbeeld die drie waardes wat hy vir die gevalle in die derde kolom gee onder die opskrif "Inclin. Orbitae". Dis die hoeke tussen die vlakke waarin die aarde beweeg en dié waarin die komete beweeg het, of

inklinasiehoeke, i (byvoegsel 1 (a)). Die waardes volgens die tabel is respektiewelik

$17^{\circ} 56'$, $17^{\circ} 02'$ en $17^{\circ} 56'$,

wat nie juis baie verskil nie; trouens twee van hulle is presies gelyk.

Nog 'n belangrike element van die baan van 'n liggaam wat om die son beweeg, is die "lengtegraad van die stygende nodus" (sien byvoegsel 2). Dit dui die posisie aan van die punt in die baanvlak van die aarde (ekliptika) waar die komeet van onder na bo deur die vlak beweeg, en word aangedui met die simbool Ω . In Halley se tabel word dié betrokke waardes gegee in die tweede kolom onder die hoof "Nodus Ascend". Die drie waardes vir 1531, 1607 en 1682 is respektiewelik

$19^{\circ} 25'$, $20^{\circ} 21'$ en $21^{\circ} 16'$,

weer verstommend naby aan mekaar.

In die sewende kolom gee Halley die afstande vanaf die son na die perihelionpunte – dis die toppunte van die parabole – in die drie gevalle. Halley noem hulle "Distantia Perihelia à Sole", en die syfers is respektiewelik

0,56700 en 0,58680 en 0,58328,

wat weer verbasend naby aan mekaar is. Halley gee hierdie afstande in terme van die aarde se gemiddelde afstand van die son as eenheid, AE (lees Inleiding).

Die ooreenstemming tussen die drie bane van 1531, 1607 en 1682 is verrassend, volgens die waardes in die genoemde drie kolomme en ook in die ander kolomme. Halley het hieruit afgelei dat hierdie drie komete in min of meer dieselfde vlak in die ruimte beweeg in bane wat opvallend eners is.

Aangesien hy aangeneem het dat die bane parabole is, kon hy hom nie oor moontlike periodes vir die komete uitlaat nie. Hy het egter opgelet dat die drie komete mekaar met periodes van ongeveer 76 jaar opgevolg het. 'n Toets om vas te stel of dit moontlik een en dieselfde komeet was en nie drie afsonderlike komete nie, sou wees om te kyk of daar nie dalk in periodes van 76, en 2×76 jaar, ensovoorts, vóór 1531 helder komete gesien is nie. Die betrokke jare is 1455, 1379 en 1303. Halley het kennis gedra van helder komete wat in 1456 en 1301 gesien is, en dit was genoeg om hom te oortuig dat die komeet wat hy in 1682 self waargeneem het nie 'n eenmalige verskynsel was nie. Hy het geweet dat dié komeet egter verskeie vroeëre verskynings gemaak het, in 'n elliptiese baan om die son beweeg het met 'n periode van ongeveer 76 jaar, en dat dit weer, ná sy dood, sou verskyn.

Dit is interessant om hier Halley se eie woorde in verband met die belangrike ontdekking aan te haal. Hy skryf:

Baie dinge laat my glo dat die komeet van 1531, waargeneem deur Apianus, dieselfde is as die een wat Kepler en Longomontanus beskrywe het in 1607, en wat ek self waargeneem het in 1682. Al die elemente kom ooreen, behalwe dat die periodes verskil. Maar dis nie so groot dat 'n mens dit nie sou kon verklaar as die gevolg van fisiese oorsake nie ... Ek kan dus met sekerheid die komeet se terugkeer in 1758 voorspel.

Die “fisiese oorsake” waarna Halley hier verwys is die aantrekkingskragte van die planete wat soms die terugkeer van die komeet vertraag en dit soms bespoedig. Halley was terdeë bewus van die belangrikheid van hierdie ontdekking, en het by geleentheid gesê dat hy baie trots is om te dink dat dit deur 'n Brit gemaak is.

Daar was tydgenote wat nie heeltemal oortuig was nie, en 'n bietjie gespot het deur daarop te wys dat dit maklik was vir Halley om so 'n voorspelling te waag, aangesien hy geweet het dat hy in 1758 reeds 102 jaar oud sou wees en in alle waarskynlikheid nie meer sou leef nie (hy is in 1742 oorlede).

Ten spyte van sulke ongelowige Thomasse het daar tog in sterrekundige kringe en onder die algemene publiek groot opgewondenheid geheers na mate die datum van die komeet se voorspelde terugkeer nader gekom het. Intussen is Halley se berekenings verfyn en daar is vasgestel dat, vanweë steurings in die komeet se baan deur die aantrekkingskragte van die planete, die terugkeer met enkele maande vertraag sou word,

Gedurende Kersnag van 1758 is die komeet deur 'n Duitse boer vir die eerste maal weer gesien, en daarna deur die sterrekundiges van daardie tyd en talle ander mense opgemerk.

Daar kon nou nie meer enige twyfel wees nie – Halley se voorspelling in verband met die terugkeer van die komeet was in die kol. Die talle ou bygelowe in verband met komete as die draers van slegte tyding is ook hiermee die nek ingeslaan. Dis g'n wonder dat mense begin praat het van hierdie besondere komeet as “Halley se komeet” nie, hoewel Halley die komeet nie self ontdek het nie. So sal dit egter in die geskiedenis bekend bly, en so sal Halley se nagedagtenis vir altyd geëer word.

In 1719 is John Flamsteed, die eerste van 'n lang reeks Koninklike Sterrekundiges van Engeland, by sy sterrewag te Greenwich oorlede. Spoedig daarna is

Halley in die pos aangestel en vanaf 1721 het hy sy intrek geneem te Greenwich (fig 7).

Die belangrikste rede vir die totstandkoming van die Koninklike Sterrewag te Greenwich, langs die Teemsrivier digby Londen, was om hulp te verleen aan Britse skepe op see. Vir die Britse handel en beskerming was die seevaart baie belangrik en moes skeepskapteins, veral op die oop see, oor 'n metode beskik om hulle posisies op die aardbol so noukeurig moontlik te bepaal. Daarvoor was nodig 'n katalogus van die presiese posisies van die helder sterre aan die hemel, en 'n tabel van die posisies van die maan.

Die metodes van berekening van die maan se bewegings was in die 17de en 18de eeue nog glad nie baie noukeurig nie. Eers in die huidige tyd van elektroniese rekenaars is die berekening vervolmaak. Die enigste metode wat in daardie tyd goeie resultate gelever het, was om die maan se posisies tussen die sterre oor 'n periode van 18 jaar noukeurig te meet. Hierna is die posisies in 'n baie hoë mate herhaal. Halley, hoewel hy reeds 64 jaar oud was, het met sy gebruiklike ywer nie teruggedeiens nie, en die taak met groot deurstellingsvermoë feitlik eiehandig aangepak en deurgevoer.

Ongelukkig moet daar gesê word dat die gebruik van Halley se maantabelle, wat hy met soveel toewyding saamgestel het, nie gelei het tot baie akkurate bepalinge van lengtegraad op see nie. Daarom is 'n groot deurbraak gemaak toe 'n timmerman van Yorkshire in Engeland, ene John Harrison, in 1759 daarin geslaag het om die eerste betroubare skeepschronometer te vervaardig. Hierdie chronometer het, ten spyte van die skommeling aan boord, die korrekte tyd aangedui. Harrison, of liever sy weduwee, het hiervoor 'n prys van £20 000 van die Britse Admiraliteit ontvang. Laasgenoemde het jare tevore die prys vir hierdie doel uitgelooft en sô lank gesloer met die uitbetaling, dat Harrison oorlede is voordat hy self die geld kon ontvang.

In 1739 het Halley se gesondheid begin agteruitgaan. Hy kon nog net met groot moeite sterrekundige waarnemings doen en op 25 Januarie 1742 is hy in Greenwich oorlede. Hy is in die klein kerkhofie van die dorpie Lee ter ruste gelê langs sy vrou wat ses jaar voor hom oorlede is.

Watter tipe mens was Edmond Halley? Hy is beskryf as lank en skraal, en daarby aansienlik, altyd opgewek en welkom in enige geselskap. Hy was hartlik in die omgang, vol bruisende entoesiasme, maar nogtans iemand met 'n goeie oordeel, wat hy veral aangewend het in sy lewe as wetenskaplike. 'n Mens wonder hoe hy met sy sin vir humor en sy liefde vir grappe oor die weg

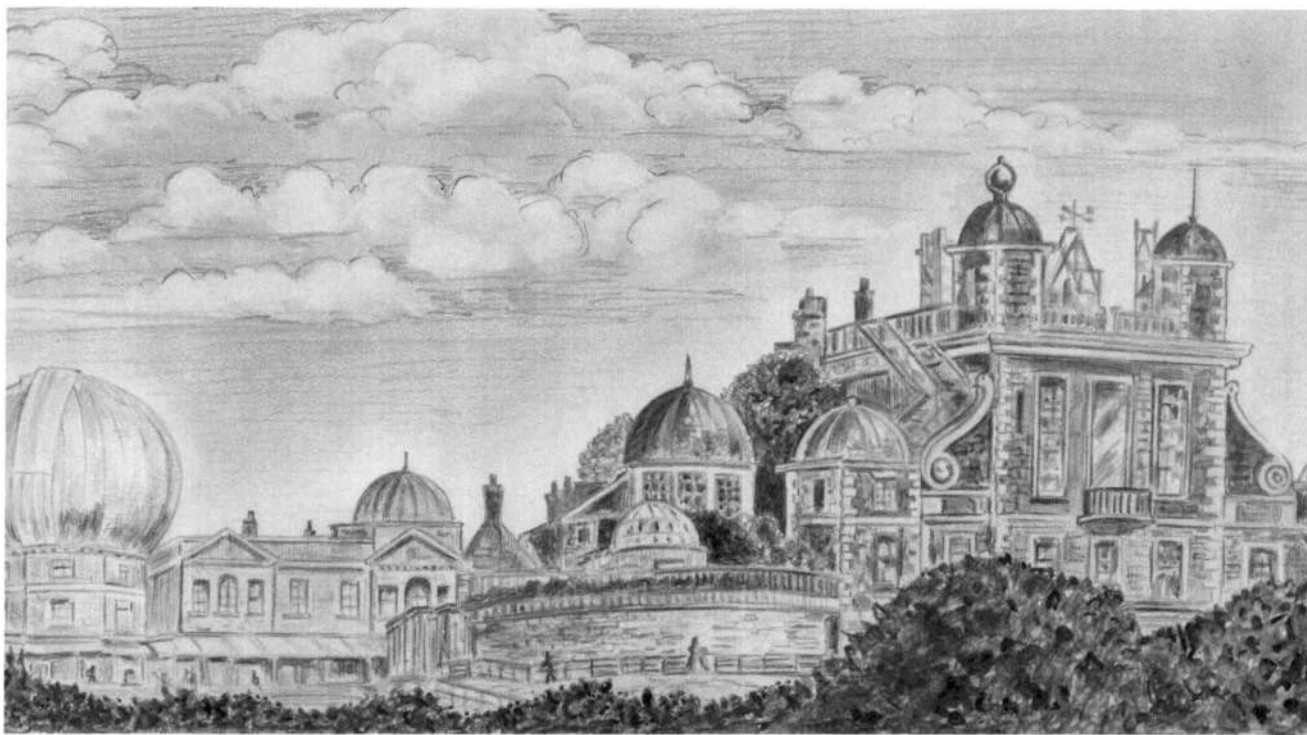


FIG 7: So het Greenwich-sterrewag in die ou dae gelyk. Edmond Halley was die tweede hoof of "koninklike sterrekundige" van 1720 tot sy dood in 1742. Hy het John Flamsteed opgevolg, 'n man met wie hy eers baie goed bevriend was maar met wie hy later nie goed oor die weg kon kom nie. Die nul-meridiaan lyn loop deur Greenwich, en alle plekke op die aardbol word aangedui as oos of wes van hierdie lyn. Die ronde bol op een van die koepels regs was die sogenaamde "tydbol". Dit is daaglik opgehys tot bo en dan smiddae presies om 12h00 laat val. Seelui op hul skepe onder op die Teemsrivier het deur hul verkykers die presiese tyd waargeneem en hul skeepshorlosies, of chronometers, daarvolgens ingestel.

gekom het met die uiters teruggetrokke Isaac Newton. Ons weet dat dit hierdie eienskappe was wat Halley ongewild gemaak het by sy stugge voorganger te Greenwich, John Flamsteed. Ons weet ook deur middel van etlike getuienisse dat Halley waardeer en vertrou is deur talle van sy medewetenskaplikes in Engeland en elders.

HOOFSTUK VIER

Halley se Komeet in 1835 en 1910

Die verskyning van Halley se komeet in 1682 was die laaste een wat “onverwags” plaasgevind het. Halley het voorspel dat dit in 1758 weer sou verskyn en die feit dat sy voorspelling bewaarheid is, is geskiedenis.

Die sterrekundiges wat vooruit bereken het wanneer Halley se komeet in 1835 sy perihelion sou bereik, het tot hul beskikking gehad noukeurige waarnemings van die komeet tydens sy besoeke in 1682 en 1758/9. Laasgenoemdes was noukeuriger as dié uit vroeëre eeue, en hoewel al die sterrekundiges saamgestem het dat die perihelion gedurende November 1835 bereik sou word, het verskeie van hulle verskillende dae van die maand aangedui. Uiteindelik het dit op 16 November 1835 plaasgevind. Dis interessant om te meld dat by hierdie geleentheid die gesamentlike invloed van die vier binneste planete, Mercurius, Venus, die aarde en Mars, die komeet se inwaartse beweging laat versnel het. Die uitwerking daarvan was dat die perihelion-deurgang met enkele weke vervroeg is.

Aangesien fotografie eers kort ná 1835 uitgevind is, en eers heelwat later in die sterrekunde toegepas sou word, moes sterrekundiges wat gelykenisse van die komeet in 1835 vir die nageslagte wou verewig, dit doen by wyse

van tekeninge. Een persoon wat 'n hele reeks tekeninge van die komeet van daardie jaar nagelaat het, was die beroemde Duitse wiskundige en sterrekundige, FW Bessel. Bessel was verbonde aan die sterrewag in die stad Königsberg, wat destyds 'n beroemde Duitse universiteit gehuisves het. Hy was ook die eerste persoon wat die afstand vanaf die sonnestelsel na 'n "vaste" ster – die ster 61 Cygni – gemeet en bekend gemaak het.

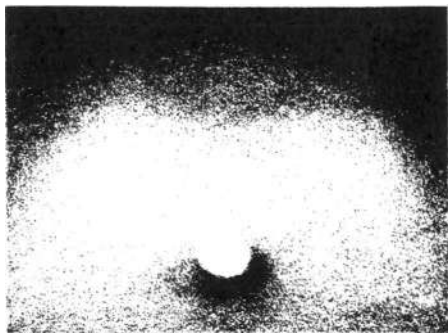
Soos blyk uit die reeks tekeninge van Bessel, het Halley se komeet van dag tot dag heelwat in voorkoms verander (fig. 8). Bessel was op die regte spoor toe hy die uitwerking van die son se straling op die kop van die komeet beskryf het as: spuitstrale en stroombeweging van die komeetdeeltjies wat weggedryf word deur die druk van die son se ligstrale. Ons weet vandag dat dit eintlik die gasdeeltjies is wat deur die son teen 'n hoë spoed uitgestraal word – die sogenoemde "sonwind", eerder as sy elektromagnetiese straling, onder andere lig – wat die komeetdeeltjies wegblaas.

In 1835 is 'n besoek van Halley se komeet vir die eerste maal in Suid-Afrika deur professionele sterrekundiges waargeneem. Die koninklike sterrewag aan die Kaap het kort ná 1820 tot stand gekom, en hoewel die hoofdoel daarvan was om die korrekte tyd aan skepe in Tafelbaai te verskaf, is die teleskope ook gebruik om navorsing in verband met die sterreheemel te doen.

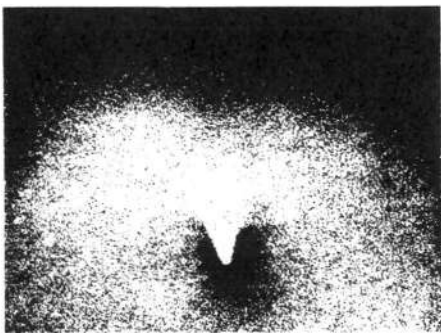
Vóórdat Halley se komeet teen die einde van November 1835 in die son se strale verdwyn het, was die komeet gunstiger geplaas vir waarneming vanaf die noordelike halfgrond. Gedurende Desember 1835 was dit weer sigbaar. Daarna sou die beste beskrywings van die daaglikse veranderinge aan die komeet opgeteken word deur die koninklike sterrekundige aan die Kaap, Thomas Maclear, en die beroemde Britse sterrekundige, John Herschel. Albei persone se gedagtenis is verewig in die name van dorpe in die Kaap-provinsie. Vanaf 23 Januarie tot 5 Mei 1836 is Halley se komeet gereeld deur Maclear dopgehou en in besonderhede beskrywe.

John Herschel het tussen 1832 en 1838 'n tydelike sterrewag te Feldhausen teen Tafelberg opgerig, nie ver van die koninklike sterrewag af nie. Hy het vir die nageslag goeie beskrywings van die komeet nagelaat. Hy het na die Kaap gekom met sy eie teleskope om die werk wat sy beroemde vader, sir William Herschel, vir die noordelike sterreheemel gedoen het vir die suidelike sterreheemel voort te sit. Die ouer Herschel het 'n katalogus van alle newels en ander interessante voorwerpe aan die sterreheemel wat vanuit sy sterrewag in Engeland gesien kon word saamgestel. John Herschel het voor sy terugkeer na Engeland die werk van sy vader oor die ontbrekende voorwerpe aan die

13 Oktober



14 Oktober



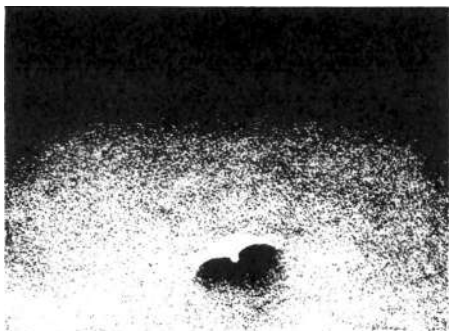
15 Oktober



20 Oktober



22 Oktober



25 Oktober



FIG 8: Met die verskyning van Halley se komeet in 1835 was fotografie nog onbekend. Die enigste manier hoe sterrekundiges die verskyning van die komeet in daardie jaar vir nageslagte op papier kon vaslê, was om dit te probeer teken. Die sterrekundige het deur sy teleskoop gekyk en daarvolgens sy tekeninge gemaak. In die bygaande reeks tekeninge het die Duitse sterrekundige FW Bessel sy indrukke in beeld vasgelê oor hoe Halley se komeet tussen 13 en 25 Oktober 1835 verander het.

suidelike sterreheem voltooi. Tydens sy verblyf aan die Kaap het die owerheid John Herschel geraadpleeg in verband met verskeie sake, soos byvoorbeeld die onderwysstelsel.

By geleentheid het Herschel sy 7-voet teleskoop vanaf Feldhausen na die Kaapse vlakte geneem van waar hy die komeet in die weste kon soek. Hy was onder die indruk dat Tafelberg sy uitsig belemmer het. Later het dit egter geblyk dat die nie die berg was nie maar enkele hoë bome wat die probleem was. Hy het hulle gevolglik laat afkap.

Dit wil voorkom asof Herschel gedurende 1836 daarvoor moeg geword het om die komeet aand vir aand dop te hou; hy wou liever voortgaan met sy sistematiese ondersoek van die suidelike sterreheem. Hy was verlig toe hy teen die middel van Mei 1836 Halley se komeet vaarwel kon toeroep. Hy was ook die laaste persoon wat dit tydens daardie besoek gesien het.

Een van Herschel se kommentare oor die komeet was profeties van aard. Hy skryf by geleentheid dat dit vir hom baie waarskynlik is dat elektriese kragte ook 'n rol speel in die veranderinge wat plaasvind in die komeet se stert. Soos ons sal sien is hierdie stelling waar. Nie net die deeltjies in die sonwind is elektries gelaai nie, maar sommige molekules in die sterte van komete kom voor sonder een van hulle elektrone - hulle is dus positief gelaai.

Met al die ontwikkelings op tegniese gebied wat ná 1835 plaasgevind het, was dit vir sterrekundiges moontlik om uit te sien na 'n baie suksesvolle "aanslag" op die geheime van komete wanneer Halley se komeet in 1910 weer sou verskyn. Een van die belangrikste nuwe tegnieke wat in 1910 op Halley se komeet gebruik sou word, was fotografie. 'n Interessante gebeurtenis is die eerste werklik suksesvolle foto van 'n komeet wat in 1882 by die Kaapse sterrewag deur David Gill, koninklike sterrekundige aan die Kaap, geneem is. Gill het 'n plaaslike fotograaf, EH Allis, gevra om sy kamera op een van die sterrewag se teleskope te monteer. Hy het sodoende daarin geslaag om op 7 November 1882, met 'n beligting van 100 minute, 'n heel gangbare afbeelding van die helder komeet 1882 II te neem. Omrede die komeet gedurende die 100 minute beweeg het met betrekking tot die sterre in die agtergrond, het Gill die hele tyd die komeet se kop met die teleskoop gevolg (fig 9).

Die beeld van die komeet was dus skerp, maar, soos gesien kan word op die foto, vertoon elkeen van die sterre as 'n helder strepie. Die feit dat daar soveel sterre op hierdie foto verskyn het, het vir Gill die idee gegee om deur middel van



FIG 9: Hierdie foto van die sonskramkomeet van 1882 (1882 II), ook genoem die "groot komeet" was van groot geskiedkundige betekenis. Dit is geneem deur David Gill – later koninklike sterrekundige aan die Kaap – met behulp van 'n plaaslike fotograaf, EH Allis. Hierdie eerste werklik suksesvolle foto van 'n komeet is op 7 November met 'n kamera deur die 6-duim teleskoop van die Kaapse sterrewag geneem met 'n beligting van 100 minute. (Kopiereg 1983 Royal-sterrewag, Edinburgh.)

fotografie 'n uitgebreide katalogus oor die hele sterreheemel saam te stel, 'n plan wat later wêreldwyd aangepak en deurgevoer is.

Teen 1910 was sterrekundiges al heelwat geoefen in die kuns van die fotografie van die sterreheemel. Ook die sensitiwiteit van fotografiese plate was teen hierdie tyd reeds baie hoër as in die 19de eeu. Gevolglik het Halley se komeet ná sy vertrek gedurende 1911 'n fotografiese rekord nagelaat wat in fyn besonderhede die veranderinge wat aan sy koma en sy stert van dag tot dag plaasgevind het, vasgelê het.

Die ontwikkeling van die spektroskoop en die toepassing daarvan om die samestellings en bewegings van voorwerpe aan die hemel bloot te lê, sou ook in 1910 met Halley se komeet suksesvol gebruik kon word.

Die komeet se baan is voor sy verskyning in 1910 nog noukeuriger bereken, en professionele sterrekundiges wat beskik het oor kragtige teleskope wat gunstig geleë was, het lank voor die tyd na die komeet, toe nog baie dof, begin soek. Die Duitse sterrekundige, Max Wolff, was die eerste een wat sukses behaal het. Gedurende die nag van 11/12 September 1909 het hy die komeet op 'n fotografiese plaat gevind baie naby aan sy voorspelde posisie.

Later het dit geblyk dat dr Knox Shaw, wat in 1938 die Radcliffe-sterrewag buite Pretoria sou stig, Halley se komeet per toeval afgeneem het op 'n plaat van die sterreheemel wat hy by die Helwan-sterrewag in Egipte op 24 Augustus 1909 gemaak het. Die komeet het soos 'n steragtige beeldjie voorgekom, heeltemal onopvallend tussen die honderde ander beelde op die foto. Deur dit nie raak te sien nie, het Knox Shaw die eer misgeloop om die eerste persoon te wees wat Halley se komeet ná sy vertrek in 1836 te kon terug verwelkom.

Terwyl die sterrekundiges aan die einde van 1909 en aan die begin van 1910 besig was om die nog uiters onduidelike Halley se komeet te volg, het die helder Januarie-komeet of komeet 1910 I onverwags aan die suidelike hemel verskyn.

Op 12 Januarie 1910 het 'n aantal mynwerkers in die Transvaal 'n komeet aan die vroeë môreheemel opgemerk. Aangesien daar toe reeds groot opgewondenheid geheers het oor Halley se komeet wat in aantog was, het mense verkeerdelik gedink hulle sien Halley se komeet. Teen daardie tyd was laasgenoemde nog nie duidelik genoeg sigbaar om met die blote oog waar te neem nie. Op 15 Januarie is die helder komeet, of Januarie-komeet, ook deur 'n groepie spoorwegwerkers in die Vrystaat opgemerk.

Die hoof van die Transvaalse sterrewag in Johannesburg, Robert Innes (later die eerste Unie-sterrekundige), het die berig in die koerant gelees en het self die komeet op 17 Januarie 1910 gesien. Die buitewêreld het van die komeet gehoor deur middel van 'n telegram waarin melding gemaak is van die "groot komeet", natuurlik in Engels beskryf as die "great comet". Met die oorsien van die telegram het die letters deurmekaar geraak, en die boodskap het in Engeland aangekom as "Drake's comet". Totdat die fout ontdek is, was die komeet vir 'n rukkie oorsee bekend as "Drake's comet", en mense het waarskynlik gedink dat ene Drake dit ontdek het. Toe die misverstand aan die lig gekom het, het die komeet verskillende name gekry soos "die groot Januarie-komeet", "die mynwerkers se komeet", "die Johannesburgse komeet" of meer dikwels, "die dagligkomeet". Sy naam onder sterrekundiges is 1910 I. Die naam dagligkomeet het ontstaan omdat die komeet so helder was naby sy perihelion, dat hy in die daglig gesien kon word op 4° vanaf die son en met 'n stert van 1° lengte.

Nadat dit deur die perihelion gegaan het, het dit 'n helder voorwerp aan die aandhemel geword met 'n helder, breë, geboë stert. Die foto gee 'n goeie beeld van hoe die komeet moes gelyk het op daardie stadium (fig 10). Let op dat die breë diffuse stofstert nie aanmekaar tot by die kop van die komeet loop nie. Dit lyk asof daar 'n onderbreking in die vorming daarvan was. Uit die kop kom daar ook 'n aantal strale. In een stadium kon daar ook 'n tru-stert gesien word.

Selfs in 1910 was daar nog heelwat vrees en bygeloof teenwoordig toe mense in Portugal hierdie komeet gesien het. Daar word vertel dat eenvoudige mense in hulle duisende na die seestrand gestroom het en in angs toegekyk het hoe die komeet tevoorskyn kom wanneer dit donker word.

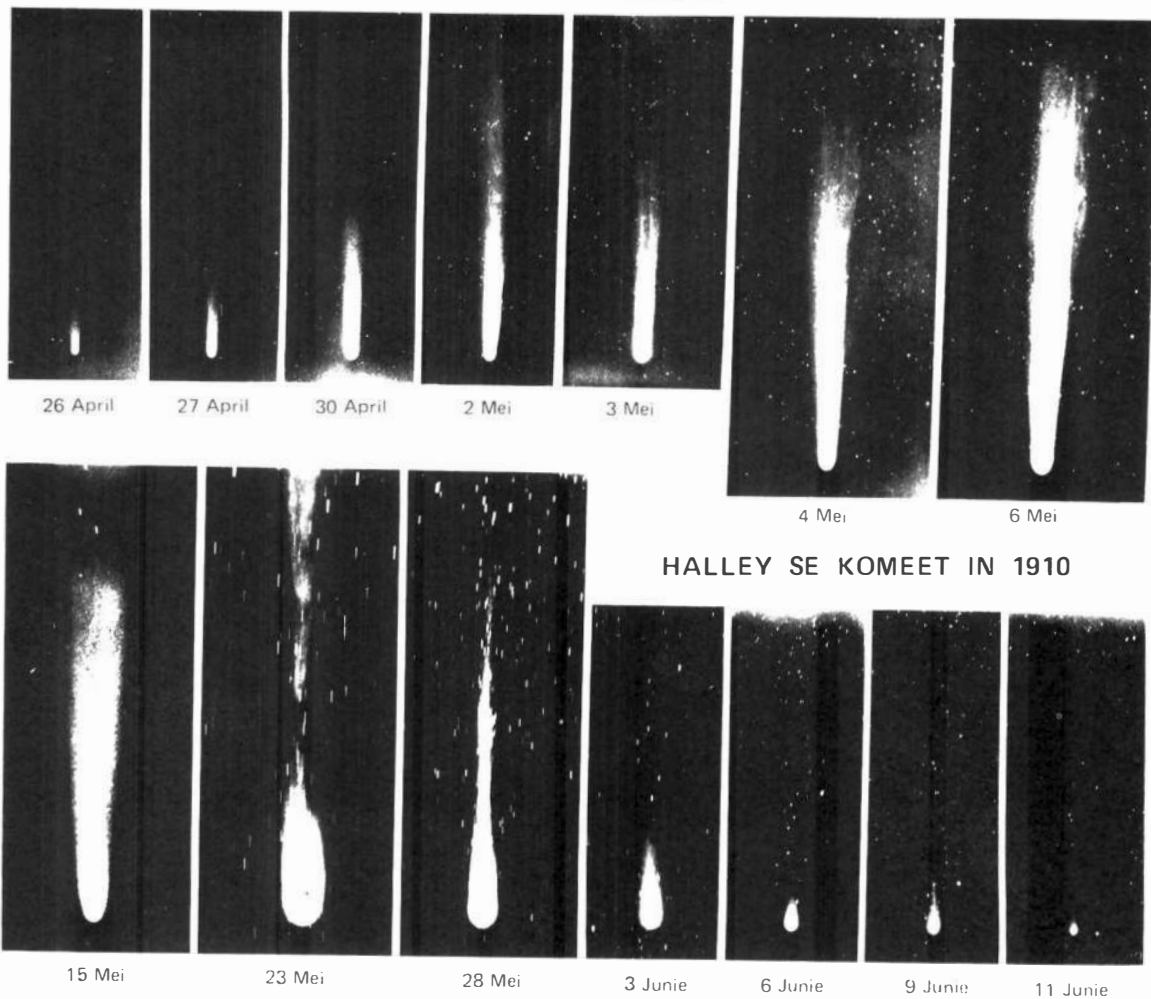
Een persoon in Engeland wat ver van stadsligte af na hierdie komeet gekyk het en wat kon onthou hoe Donati se komeet in 1858 gelyk het, het beweer dat hierdie een ná Donati die helderste komeet was wat hy nog aanskou het; al die ander wat hy tussenin gesien het was maar "powere klein goedjies".

Die komeet 1910 I was op sy helderste gedurende Januarie, en Halley se komeet het sy grootste helderheid eers gedurende Mei 1910 bereik. Waar helder komete betreklik skaars is, gebeur dit maar selde dat daar binne ses maande twee sulke helder komete verskyn. Die een was 'n verrassing en die ander is verwag. Baie mense het later vergeet dat daar twee afsonderlike komete in 1910 was, en het die twee met mekaar verwar.

Net nadat komeet 1910 I verdwyn het, het komeet 1910 II, of Halley se



FIG 10: Die “daglikkomeet” (1910 I) is die eerste keer deur 'n groep mynwerkers in Transvaal gedurende Januarie 1910 gesien. Baie mense het dit later verwar met Halley se komeet wat eers in Mei 1910 op sy beste vertoon het.



HALLEY SE KOMEET IN 1910

Foto's wat van Halley se komeet in 1910 geneem is om aan te toon hoe die komeet ontwikkel het.

komeet, sigbaar vir die blote oog geword. Toevallig was dit weer professor Max Wolff van Heidelberg in Wes-Duitsland wat die eerste persoon was om dit op 11 Februarie met die blote oog te sien. Vir ongeveer twee maande lank het die komeet nog betreklik dof gebly. In April en Mei 1910 was Halley se komeet 'n pragtige gesig aan die oostelike hemel. Aangesien die helder planeet Venus ook aan die môrehemel gepryk het, kon kykers die twee voorwerpe saam in die vroeë môre bewonder. Die beste foto's van die komeet is in hierdie tyd geneem, en hulle, tesame beskou, toon uitstralings uit die kern van die komeet en ligkranse wat teen hoë spoede van 0,2 tot 0,7 km/s uit die kern voortkom (fig 11).

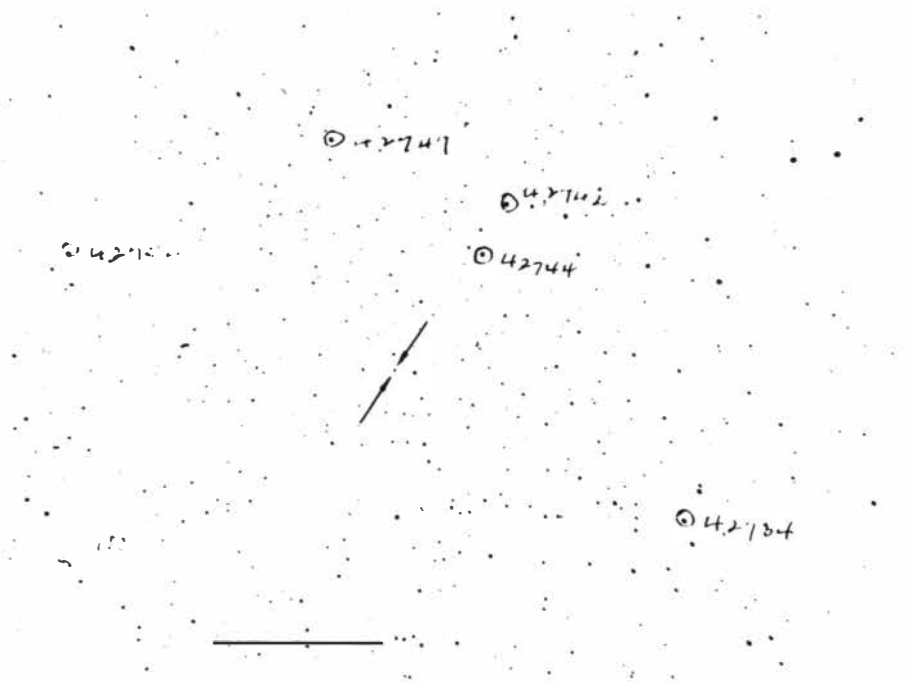


FIG 12: Só het Halley se komeet in 1911 "tot siens" gesê. Die swart kolletjie tussen die twee pyltjies is Halley se komeet. Die sterrekundiges van die Lowell-sterrewag by Flagstaff, Arizona, VSA, wat die opname op 30 Mei 1911 gemaak het, het natuurlik presies geweet waar die komeet tussen al die ander sterretjies te vinde was. In hierdie stadium was die komeet reeds ongeveer so ver van die son af as die planeet Jupiter, en washy goed op pad na die koue dieptes van die sonnestelsel. (Foto: Lowell-sterrewag)

Op 18 Mei het die komeet se kop presies tussen die son en die aarde deurbeweeg. Die stert was feitlik reguit en meer as 24 miljoen km lank, sodat daar verwag is dat die aarde daardeur sou beweeg. Dit het die kans gebied om vas te stel hoe groot die kern van Halley se komeet werklik is, mits dit uit 'n soliede stuk bestaan. Sterrekundiges het bereken dat indien die kern 'n deursnee van 100 km gehad het, dit sigbaar sou wees deur 'n goeie teleskoop terwyl dit as 'n donker kolletjie oor die helder sonskyf beweeg. So 'n oorgang kon nie waargeneem word nie, en sterrekundiges het daarvan afgelei dat die kern van Halley se komeet – miskien dié van komete in die algemeen – heelwat kleiner as 100 km moet wees.

Halley se komeet was op 20 Mei 1910 op sy naaste aan die aarde, op 'n afstand van ongeveer 21 miljoen km. Vir enkele dae rondom daardie datum was die geboë stert van die komeet gelyktydig sigbaar aan die môre- en aan die aandhemel. Professor Campbell van die Lick-sterrewag in die VSA het die skynbare lengte van die stert op ten minste 140° geskat.

Halley se komeet was in hierdie tyd 'n werklik aangrypende skouspel net voor sonsopgang. Toevallig was daar 'n algehele maansverduistering op 23 Mei. Die verduisterde maan tesame met die komeet in die lug, was 'n baie indrukwekkende gesig.

Namate die komeet al verder van die aarde beweeg het, het die helderheid vinnig afgeneem en dis vir die laaste keer waargeneem op 16 Junie 1911 (fig 12).

HOOFSTUK VYF

Komete en hul bane in die ruimte

Om die bane van komete (en planete), om die son goed te kan verstaan, moet ons eers weer kyk na die ellips, want dit is die vorm van die meeste bane om die son (fig 13).

Algemeen gesproke is die verskil tussen die elliptiese bane van planete en komete die feit dat in die geval van planete die son naby die middelpunte van hul ellipse voorkom omdat die bane byna sirkelvormig is; en veral in die geval van bekende komete met lang omloopstye, kry ons meer langwerpige bane, in welke geval die son ver van die middelpunte van die ellipse voorkom. Sterrekundiges praat van laasgenoemde bane as meer “eksentries” as dié van planete. Die “eksentrisiteit” van 'n elliptiese baan word vasgestel deur die verhouding $\frac{SF}{SA}$. Vir Halley se komeet is die verhouding 0,967, en dit is byna 1.

Vir aardbewoners is dit van baie groot belang dat die Skepper die aarde se baan met so'n klein eksentrisiteit gemaak het. Die posisie van die son, F , is baie naby aan die middelpunt, S , van die aarde se ellips, en die langas, A ' A en die kortas, B ' B van ons baan om die son, het feitlik dieselfde lengtes.

Soos die aarde gedurende die jaar in sy baan om die son beweeg, bly dit altyd

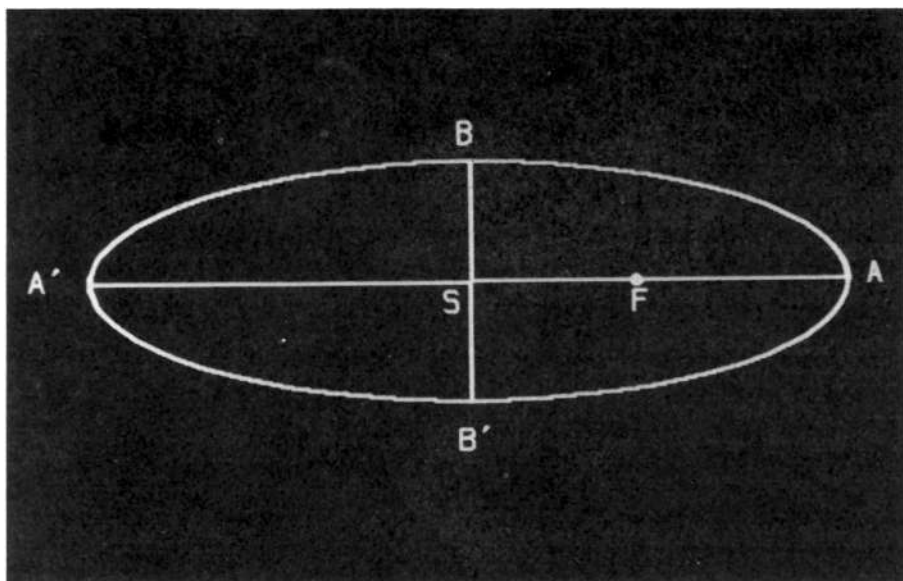


FIG 13: *Die ellips—die vorm van die meeste bane van komete en planete om die son.*

min of meer ewe ver van die son, ons hittebron. Die aarde as geheel ontvang dus dwarsdeur die jaar min of meer eweveel hitte van die son. As dit nie die geval was nie, sou ons nie so aangenaam op die aarde kon leef nie – dit sou somtyds onhoudbaar warm, en ander tye onhoudbaar koud geword het.

Vir komete in langwerpige elliptiese bane is dit heelwat anders. Hulle afstand van die son verander gedurig. By *A*, die perihelion, is hulle die naaste aan die son *F*; en by *A'*, die aphelion, die verste daarvandaan. Vir 'n komeet soos Halley s'n, is daar 'n baie groot verskil tussen dié twee afstande.

Nog 'n belangrike eienskap van die bewegings van planete en komete wat sterrekundiges ontdek het, is dat die spoed in die elliptiese bane nie oral dieselfde is nie. Wanneer die komeet naby aan die son is soos byvoorbeeld by die perihelion, beweeg dit baie vinniger as wanneer dit in die omgewing van die aphelion is. By perihelion bereik die komeet (of planeet) sy maksimum spoed. Daarna neem die spoed geleidelik af hoe verder die komeet hom van die perihelion af bevind. Hy bereik 'n minimum spoed by die aphelion, waarna die spoed weer geleidelik toeneem tot hy sy maksimum by die perihelion bereik (plaat 7).

As die komeet se baan baie langwerpig is soos in die geval van Halley se komeet, dan beteken dit dat hy maar 'n betreklike kort tydjie naby sy perihelion, met ander woorde naby die son, deurbring. Verreweg die langste tyd word deur Halley se komeet deurgebring in die koue ruimte ver van die son. Hierdie kenmerk speel 'n belangrike rol in die ontwikkeling van die komeet.

Van die figuur wat Halley se komeet se baan voorstel (plaat 1), kan ons ook nog die volgende aflei:

1. Die baan lê net ongeveer 4 maande lank van sy omloopstyd van 76 jaar bokant of noord van die ekliptika.
2. Die aarde en die komeet beweeg in teenoorgestelde rigtings om die son.
3. Wanneer die komeet by sy perihelion, *P*, op 9 Februarie 1986 is, met ander woorde wanneer die son die komeet op sy felste bestraal en 'n mens gevolglik verwag dat dit op sy helderste is met 'n lang stert, dan sit die aarde omtrent aan die teenoorgestelde kant van die son. Ons kans om die komeet op sy aktiefste te kan sien, is derhalwe baie ongunstig.
4. Die aarde en die komeet beweeg twee keer bymekaar verby, naamlik op 27 November 1985 op 'n afstand van 0,62 AE en op 11 April 1986 op 'n afstand van 0,42 AE. By die eerste geleentheid sal dit noord van die ekliptika wees en in die tweede geval weer suid. Dit sal dus ook op 11 April 1986 heelwat nader aan die aarde wees as op 27 November 1985. Nog 'n rede waarom die tweede verbyvlug vir ons in die suidelike halfmond begunstig, is die feit dat die komeet dan nader aan die son sal wees as op 27 November 1985. In die geheel kan ons dus 'n beter skouspel in April as in November verwag, veral vir ons in die suidelike halfmond.

Die vroeë herontdekking van Halley se komeet deur Jewitt en Danielson het die Europeërs, die Russe en die Japanese, wat die komeet met behulp van ruimtetuie van naderby wil gaan bestudeer, in staat gestel om hulle voorbereidings baie meer presies te beplan.

Halley se komeet het in 1910 laas sy draai by die son kom maak, hy het deur sy perihelion beweeg op 20 April 1910 en is vir die laaste keer gesien in Junie 1911. In 1948 het hy sy draai ver van die son af, anderkant die baan van die planeet Neptunus gemaak, op 'n afstand van 5 300 miljoen km. In 1984 het hy nader as Saturnus se baan aan die son gekom. Vroeg in 1985 het die komeet al vinniger begin beweeg en nader aan die son gekom as die baan van Jupiter. Teen die einde van 1985 sal hy nader aan die son kom as die afstand van die planeet Mars, om op 9 Februarie 1986 teen die maksimum spoed deur sy naaste punt aan die son, sy perihelion te beweeg. Daarná verminder die spoed van die komeet geleidelik namate dit al verder van die son beweeg (plaat 2).

Met sy eerste voorspelde terugkeer na die omgewing van die son, is Halley se komeet in 1758 ongeveer drie maande voordat hy sy perihelion sou bereik het, vir die eerste maal weer gesien. Tydens sy vorige besoek in 1910 is die komeet in September 1909 agt maande voor perihelion, deur die Duitse sterrekundige, Max Wolff, vir die eerste maal weer opgespoor.

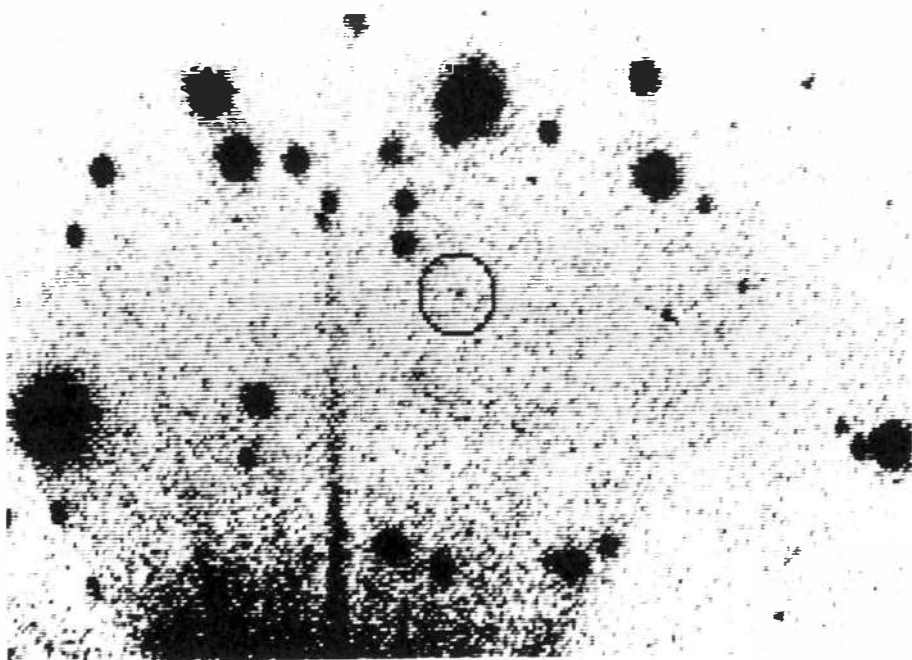


FIG 14: *Halley se komeet is in 1982 herontdek. Twee Amerikaanse sterrekundiges het toe met behulp van 'n sensitiewe elektroniese kamera die eerste herontdekingsfoto ten tye van die huidige herverskyning van die komeet geneem. Hulle het besef dat die komeet nog baie dof moes wees, en 'n soektog tussen die miljoene sterretjies vandie selfde grootte kon dalk moeiliker wees as om te soek na die spreekwoordelike naald in 'n hooimied. Wat die twee sterrekundiges gehelp het, was dat die komeet teen die s ter agtergrond beweeg het, terwyl die ander sterretjies hul relatiewe plekke ten opsigte van mekaar behou het. Hulle het die geleentheid gekry om met die 5-meter reflektorteleskoop van Mount Palomar af na die komeet te soek, en op 16 Oktober 1982 het hulle hierdie foto geneem. Hulle kon met latere foto's bevestig dat die klein kolletjie in die sirkel die ware Jakob was. In daardie stadium was die komeet nog anderkant die baan van die planeet Saturnus. Vir die juiste bepaling van die komeet se baan vorentoe was dit 'n waardevolle waarneming. (Foto: G Edward Danielson, California Institute of Technology)*

Met behulp van hedendaagse kragtiger teleskope en die berekenings wat deur middel van hoëspoedrekenaars gedoen word, kan baie dinge meer noukeurig en vinniger uitgevoer word. As gevolg hiervan het mense verwag dat Halley se komeet hierdie keer heelwat vroeër opgespoor sou kon word. Dit word nogtans as 'n besondere prestasie beskou dat die twee Amerikaners Jewitt en Danielson die komeet reeds op 16 Oktober 1982 met behulp van die 5-meter teleskoop van Palomar as 'n nietige kolletjie op 'n fotografiese plaat ontdek het, meer as drie jaar voor sy huidige perihelion (fig 14). Die komeet was toe nog ongeveer halfpad tussen die afstande van die bane van Saturnus en Uranus. Hierdie vroeë ontdekking dui daarop dat die komeet op 9 Februarie 1986 minder as 12 uur vroeër sal opdaag by sy perihelion as wat voorspel is op grond van sy bewegings toe hy laas gesien is gedurende 1909–1911.

HOOFSTUK SES

Waarvan is komete gemaak?

Daar is 'n baie bekende Engelse kinderrympie waarin die vraag aan 'n ster gevra word wat hy dan eintlik sou wees. Dit klink min of meer so:

Skitter, skitter blinkoog-ster,
Kyk, jy sit so vreeslik ver.
Waarvan is jy tog gemaak?
Wens ek kon net aan jou raak.

Toe sterrekundiges twee eeue gelede begin besef het dat sterre ontsaglik ver van die aarde en die sonnestelsel is, miljoene der miljoene kilometer ver, was die aanvanklike gedagte dat mense nooit sou kon vasstel waaruit 'n ster eintlik bestaan nie. Een geleerde het aan die begin van die vorige eeu met groot sekerheid voorspel dat die samestelling van die sterre altyd vir ons aardbewoners 'n geheim sou bly.

Soos so dikwels in die verlede die geval was, het hierdie voorspelling egter ook onwaar geblyk. Wetenskaplikes het ontdek dat die ligstrale wat deur veral warm gasse uitgestraal word, die samestelling van die gasse verrai, ook oor lang afstande. So'n ligstraal word byvoorbeeld deur 'n glasprisma opgebreek in sy ligspektrum, en die noukeurige ontleding van die spektrum

verraai die teenwoordigheid van verskillende chemiese bestanddele. Gelukkig is die sterre almal baie warm liggame – die son se buitetemperatuur is ongeveer 6 000 grade – en hulle atmosfeer bestaan uit baie warm gasse. Sterrekundiges kan derhalwe vandag redelik maklik bepaal welke chemiese elemente in die atmosfeer van die veraf sterre voorkom. Sonder dat dit nodig is om 'n gasmonstertjie van 'n ster te gaan haal – wat buitendien onmoontlik is – weet ons dat bekende elemente soos waterstof, helium, koolstof, suurstof, stikstof, en selfs metale soos yster, mangaan, kalsium, koper, tin, chroom, ens. ook die boustone van die sterre is (fig 15).

Hierdie kennis asook fotografie was nog nie beskikbaar toe Halley se komeet in 1835/6 die omgewing van die son besoek het nie. Mense moes tevrede wees met raaiskote oor die samestelling van die koppe en sterte van komete.

Vóór sy herverskyning in 1910 het sterrekundiges daaraan gewoon geraak om hemelliggame te fotografeer en om hulle chemiese samestellings met spektroskope te bepaal. Nadat die heel eerste suksesvolle foto van die groot komeet van 1882 (fig 9) deur David Gill aan die Kaap geneem is, het

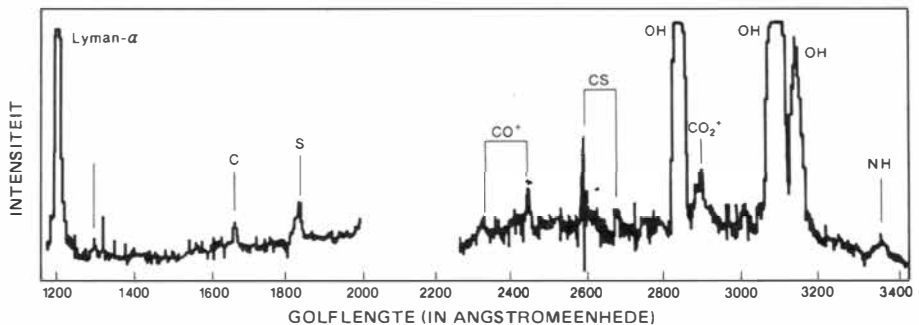


FIG 15: Ontleding van komeetgasse: Die kurwe in die figuur dui die intensiteit van die uitstraling van die gasse in die koma en in die stert van 'n komeet vir verskillende golflengtes van die strale aan – vanaf 1200 tot 3400 aangstromeenhede (een angstrom = 10^{-8} cm). Dis 'n gebied van die ultraviolet ligspektrum wat nie deur ons atmosfeer deurgelaat word nie. Die waarnemings moet derhalwe vanuit 'n ruimtetuig buitekant die atmosfeer gedoen word. Waar die kurwe 'n skielike uitwyking na bo toon, verraaï dit die teenwoordigheid van een of ander chemiese stof. Volgens hierdie figuur is daar onder andere die volgende bestanddele in die komeetgas teenwoordig: atome van waterstof (H), koolstof (C), en swawel (S); radikale soos CS, OH en NH; gelaaiide molekules soos CO^+ en CO_2^+ .

sterrekundige fotografie met rasse skrede gevorder, en daar bestaan vandag nog pragtige foto's van komete wat tussen 1882 en 1910 geneem is.

Ontleding van die uitstraling van die koppe en sterte van komete het intussen aan die lig gebring dat onder andere waterstof (H), koolstof (C) en stikstof (N) in die koppe en sterte van komete teenwoordig is (fig. 15). Konsternasie is oor die hele wêreld veroorsaak toe dit vooraf bekend geword het dat die aarde in 1910 in sy baan om die son deur die stert van Halley se komeet sou beweeg want 'n verbinding van die genoemde drie elemente vorm die uiters giftige gas HCN of blousuur. Doemprefete het voorspel dat die hele aardbevolking in een oogwink uitgewis sou word deurdat 'n groot hoeveelheid blousuur uit die komeet die aarde se atmosfeer sou binnedring. In Chicago in die VSA was daar huisvroue wat aan die veilige kant wou wees. Hulle het die deure en vensters van hul huise verseël om die gifgasse buite te hou (fig 16).

Die datum 18 Mei 1910, waarvoor die katastrofe voorspel is, het egter gekom en gegaan sonder enige slegte gevolge, en almal was verlig. Natuurwetenskaplikes het in daardie stadium reeds besef dat hoewel blousuur in die sterte van komete teenwoordig is, dit so erg verdun is dat slegs 'n minimale hoeveelheid blousuur die aarde se atmosfeer binnekom wanneer hy in die stert van 'n komeet beland. Dis veels te min om enige skade te kan aanrig.

Met die huidige besoek van Halley se komeet sal daar deur die Europeërs, die Russe en die Japanners pogings aangewend word om met ruimtetuie van digby ondersoek te gaan instel na die grootte van sy kop en die samestelling daarvan.

Feitlik alle komete ontwikkel 'n koma, dit wil sê 'n gaswolk wat rondom die kern ontstaan. Hieruit kom die stert voort as die komeet die son nader. Die kern, die enigste permanente deel van 'n komeet, is maar baie klein vergeleke met die komeet as dit ten volle ontwikkel is, en in vergelyking met ander hemelliggame. Sterrekundiges verskil baie onder mekaar oor wat die deursnee van so 'n komeetkern kan wees. Enkele kilometer, word geskat, maar daar is dié wat dit op honderde en selfs 'n paar duisend kilometer beraam.

In 1910 was daar waarnemers wat die kern van Halley se komeet so groot as 800 km geskat het, terwyl daar skattings van 2 900 km was vir die kern van die groot komeet van 1882. Hierdie syfers is waarskynlik glad te hoog en ons sal moet wag vir die uitslae van die nabymetings wat in Maart 1986 gedoen gaan word.

BARNARD PICTURES OF HALLEY'S COMET

Taken at Yerkes Observatory
May 4, They Tally with Observa-
tion from Times Tower May 5.

VIEWED BY MISS PROCTOR

Negatives Show the Tail Extending
20 Degrees, Equivalent to 24,000,000
Miles in Length.

IN COMET'S TAIL ON WEDNESDAY

**European and American Astronomers
Agree the Earth Will Not Suffer in
the Passage.**

TELL THE TIMES ABOUT IT

**And of Proposed Observations—
Yerkes Observatory to Use Bal-
loons if the Weather's Cloudy.**

TAIL 46,000,000 MILES LONG?

Scarfed in a Filmy Bit of It, We'll
Whirl On In Our Dance Through
Space, Unharm'd, and, Most
of Us, Unheeding.

SIX HOURS TO-NIGHT IN THE COMET'S TAIL

Few New Yorkers Likely to
Know It by Ocular Demonstra-
tion, for It May Be Cloudy.

OUR MILLION-MILE JOURNEY

Takes Us Through 48 Trillion Cubic
Miles of the Tail, Weighing All Told
Half an Ounce!

BALLOON TRIP TO VIEW COMET.

Aeronaut Harmon Invites College
Deans to Join Him in Ascension.

MAY SEE COMET TO-DAY.

Harvard Observers Think It May Be
Visible in Afternoon.

MAY BE METEORIC SHOWERS.

Prof. Hall Doubts This, Though, but
There's No Danger, Anyway.

YERKES OBSERVATORY READY.

Experts and a Battery of Cameras and
Telescopes Already Prepared.

CHICAGO IS TERRIFIED.

Women Are Stopping Up Doors and
Windows to Keep Out Cyanogen.

Ons het reeds opgemerk dat 'n komeet ver weg van die son net uit die vaste, koue kern bestaan. Omrede die komeet met dié klein oppervlakte so inin van die son se lig kan weerkaats, is dit so uiters moeilik en amper onmoontlik om hom selfs met groot teleskope op te spoor.

Die wêreldbekende Amerikaanse komeetkundige, Fred L. Whipple, beskryf die kern van 'n komeet as bestaande uit bevrore vloeistowwe en gasse wat gemeng is met stoffies, groter deeltjies soos klippies en selfs groter vaste deeltjies soos meteoriete. Whipple verwys na 'n komeetkern as 'n stuk "vuil ys", na aanleiding daarvan dat water in die vorm van ys 'n belangrike bestanddeel is.

Die gedagte vandag is dat daar naas water (H_2O) ook verbindings van waterstof (H), stikstof (N), suurstof (O) en koolstof (C) in bevrore vorm in die kern voorkom. Wanneer die son se straling sterk genoeg op die kern val, kom daar gasse soos waterdamp (H_2O), blousuur (HNC) en metielsianied (CH_3CN) om die kern te voorskyn. Van hulle word gepraat as die "moedermolekules" en verdere bestraling deur die son veroorsaak dat daaruit 'n hele reeks verdere chemiese verbindings in die koma wat om die kern vorm ontstaan (plaat 3). Volgens die spektra kom, byvoorbeeld, molekules en radikale soos CO, CN, C_2 , CH, NH, NH_2 , OH en CS in die koma voor. Die sonwind se uitwerking op hierdie

◀ **FIG 16:** 'n Interessante versameling van opskrifte uit die New York Times van Mei 1910 toe Halley se komeet baie helder vertoon het en die aarde op 18 Mei deur die stert van die komeet beweeg het. (a) EE Barnard was 'n baie vooraanstaande Amerikaanse sterrekundige, bekend veral vir sy goeie oë en vir die mooi foto's wat hy van die sterrehemel geneem het. (b) Die Yerkes-sterrewag naby Chicago het destyds oor die grootste teleskoop ter wêreld beskik, met 'n deursnee van 40 duim. Tot vandag toe bly dit die grootste teleskoopters wat nog ooit gemaak is. Groter teleskope wat sedertdien gemaak is, is almal reflektortelekope met spieëls. (c) Die komeet van 1910 was skynbaar só helder dat die sterrekundiges van die Harvard-sterrewag vermoed het dat hy gedurende die dag gesien sou kon word. Dit wil voorkom asof planne beraam is om, indien dit bewolk sou wees, met balonne op te styg tot bokant die wolke ten einde 'n goeie uitsig op Halley se komeet te kon kry. (d) Hoewel die vroue van Chicago bang was vir die komeet se blousuurgas en hulle vensters en deure gasdig gemaak het, wil dit voorkom asof wetenskaplikes reeds besluit het dat die gasse en soliede partikels in die komeet se stert geen gevaar vir die mens inhou nie. Die stert is so yl dat hulle gereken het dat die totale massa van gasse en stof in die stert wat in die aarde se pad sou lê, nie eens 30 gram sou weeg nie. (e) Daar was onsekerheid oor die presiese lengte van die stert in daardie stadium. Volgens een opskrif was dit 38 miljoen kilometer, d.i. 24 miljoen myl, lank en 'n ander beraming was dat dit dalk 74 miljoen kilometer kon wees.

gasse is dat gelaaiide gasdeeltjies soos H_2O^+ , CO^+ , N_2^+ , CH^+ , CO_2^+ en OH^+ in die stert gevorm word.

Wanneer die komeetkern ongeveer op Jupiter se afstand vanaf die son kom, begin die son se uitwerking op die yse sigbaar word, en die koma begin te vorm. Saam met die gasse wat uit die kern kom, kom daar ook stofdeeltjies te voorskyn. Die grootte van die koma neem toe namate die komeet nog nader aan die son beweeg sodat die straling daarop toeneem.

In September 1909 toe Halley se komeet nog verder as 460 miljoen km van die son af was, het sterrekundiges die deursnee van die koma geskat op sowat 22 000 km. In daardie stadium was daar nog nie 'n stert sigbaar nie. In Desember 1909, op 'n afstand van 288 miljoen km van die son, is die deursnee van die koma geskat op 350 000 km.

Baie naby aan die son lyk dit asof die koma van 'n komeet weer tydelik krimp. In die geval van Halley se komeet was sy deursnee in April 1910, op 'n afstand van 88 miljoen km van die son en naby perihelion, slegs 190 000 km. Dit wil voorkom asof die intense strale van die son op die korter afstande die buitenste lae van die koma so vinnig wegblaas dat dit kleiner bly.

In die geval van Halley se komeet het die deursnee van die koma ná perihelion weer toegeneem, want in Junie 1910 was dit twee maal so groot as twee maande tevore.

Namate die komeet weer verder van die son beweeg het en die strale op hom al swakker geword het, het die koma vinnig gekrimp. In April 1911, toe hy reeds meer as 640 miljoen km van die son af was, het sterrekundiges die koma se deursnee geskat op net 48 000 km.

Nie net die chemiese elemente waterstof (H), suurstof (O), stikstof (N) en koolstof (C) kom in die koma voor nie. Volgens die uitstraling van die gasse in die koma kom daar ook chemiese verbindings voor, sommige onvolledig of sogenoemde radikale. Die ultraviolet-straling van die son het die effek dat dit van die molekules 'n elektron laat verloor. Dit lei tot elektriesgelaaiide molekules soos dié van koolstofmonoksied (CO^+), stikstof (N_2^+) en waterdamp (H_2O^+).

Die stert of roei van 'n komeet ontstaan vanuit die koma en is die gevolg van die sonstrale wat die komadeeltjies wegblaas in die rigting weg van die son af. Die stert wat verreweg die indrukwekkendste deel is van 'n komeet, tree

dus net te voorskyn as die komeet naby genoeg is aan die son. Dit groei in lengte namate die komeet sy perihelion nader, bereik sy maksimum om en by perihelion, en neem daarvandaan af in lengte namate die komeet weer weg van die son af beweeg.

Om sigbaar te wees vir die blote oog moet 'n komeet se stert van agt tot tien miljoen km lank wees. Die sterte van helder komete bereik dikwels lengtes van 50 tot 80 miljoen km. Daar is gevalle van stertlengtes van ongeveer 200 miljoen km; dit is heelwat langer as die afstand tussen die son en die aarde of 1 AE.

Naas die stert van 'n komeet wat uit gasdeeltjies bestaan en wat in die reël reguit vertoon, ontwikkel daar in baie gevalle by komete ook 'n stert wat uit stofdeeltjies bestaan. Ons praat dus van 'n *gasstert* en 'n *stofstert*. Die stofstert kan die maklikste herken word daaraan dat dit glad en aanmekeer vertoon, en dat dit meesal effens krom is (fig 17).

Terwyl die deeltjies in die stert van 'n komeet onderhewig is aan die aantrekkingskrag van die son, oefen die straling van die son 'n afstotende krag op hulle uit. Hierdie krag waarmee die son hulle van hom af wegblaas, het 'n baie groter effek op die gasdeeltjies as op die stofdeeltjies. Eersgenoemde word dus veel vinniger die ruimte ingeblaas, en vertoon ook meer onegalig omdat dit meer onderhewig is aan turbulensie. Ons kry dieselfde effek wanneer rookwalms onderhewig is aan windstrome.

Die gasstert van 'n komeet het 'n tipies blou-gele kleur wat veroorsaak word deur die straling van geïoniseerde molekules soos byvoorbeeld dié van koolstofmonoksied (CO^+). Die stofstert van 'n komeet het 'n gelerige kleur, omdat die stofdeeltjies die gelerige sonstrale reflekteer. Op wit-swart foto's van komete is dit dus nie altyd so maklik om die twee soorte sterte te onderskei nie.

In 1969 is daar 'n baie interessante ontdekking in verband met komete gemaak met behulp van die Amerikaanse satelliet OAO-2 ("Orbiting Astronomical Observatory"). Soos die naam aandui was dié betrokke satelliet daarvoor ingerig om sterrekundige waarnemings te doen, en is op die komeet Tago-Sato-Kosaka (1969 IX) van buite die atmosfeer gerig. Waarnemings kon gedoen word in strale wat nie op die aarde waargeneem kan word nie omdat hulle nie die aarde se atmosfeer kan deurdring nie. Daar is toe vasgestel dat die komeetkop omhul was deur 'n reusagtige onsigbare wolk

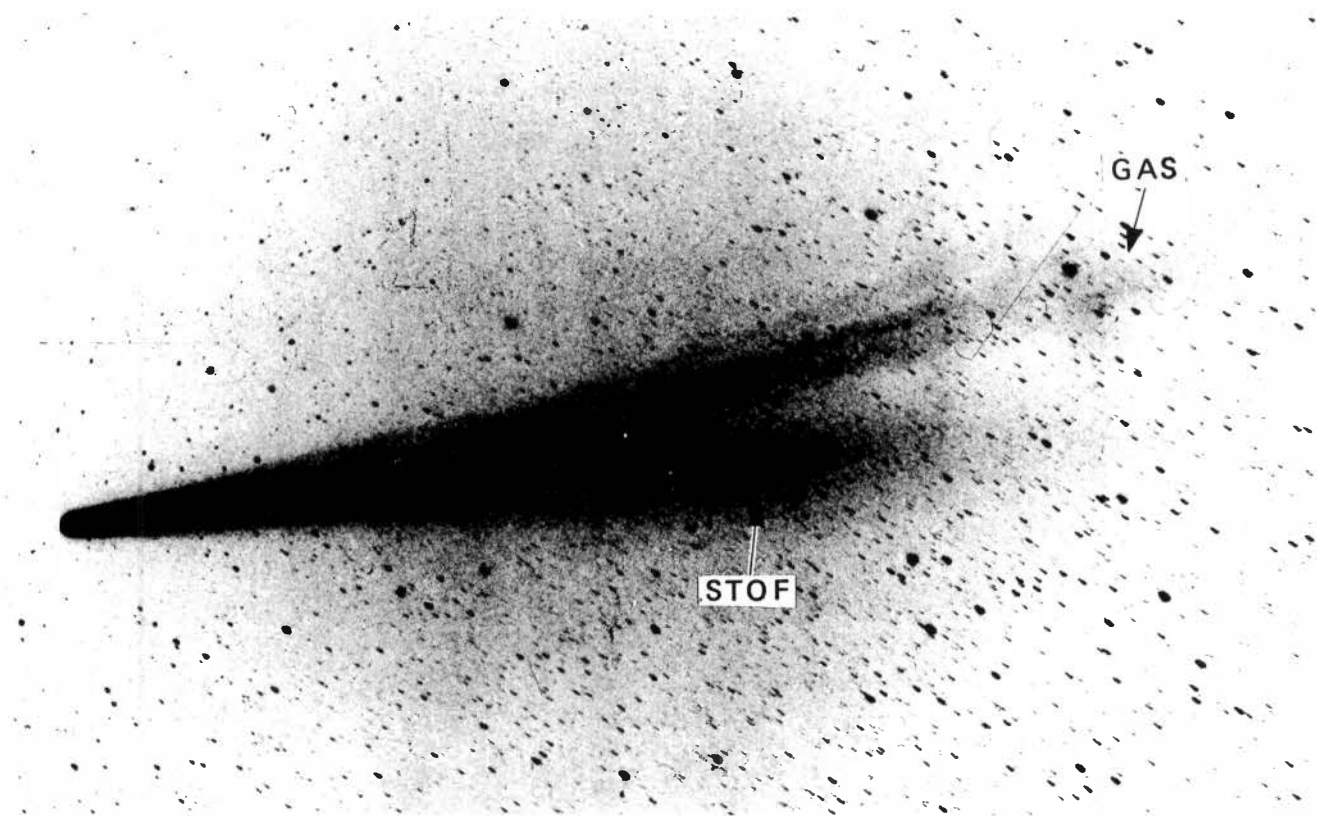
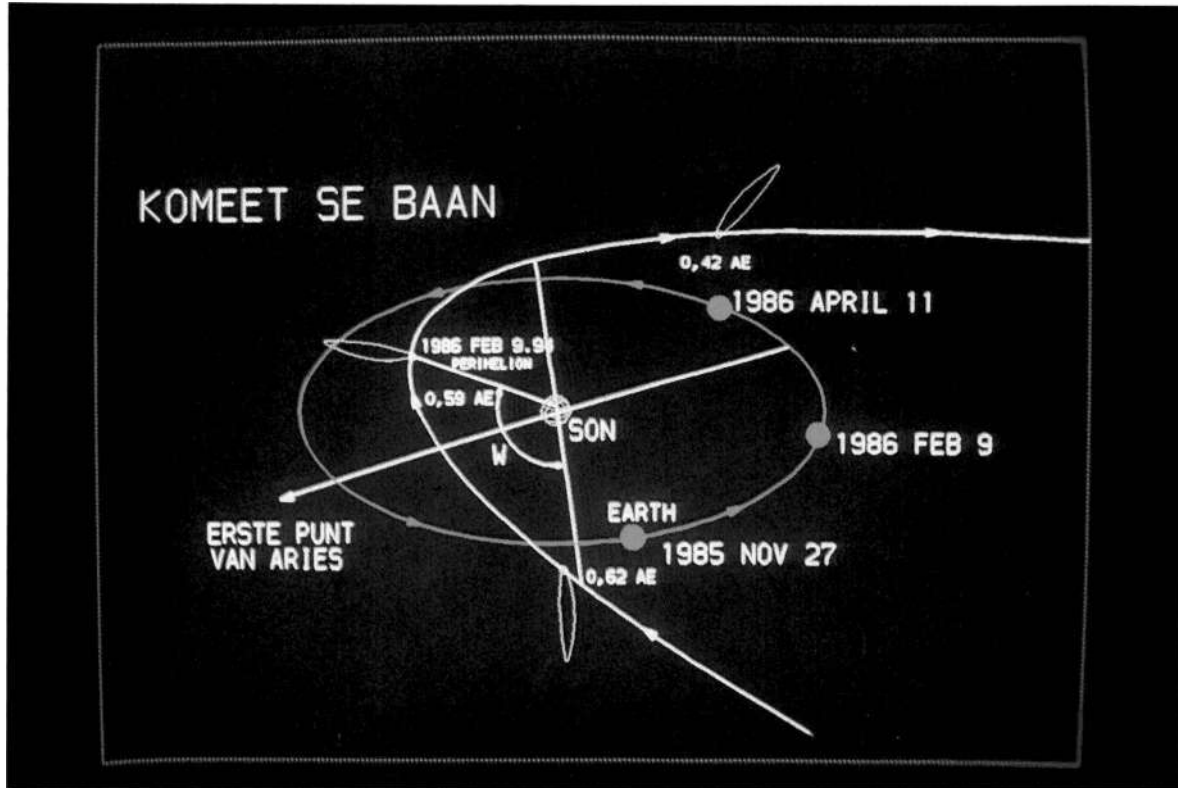
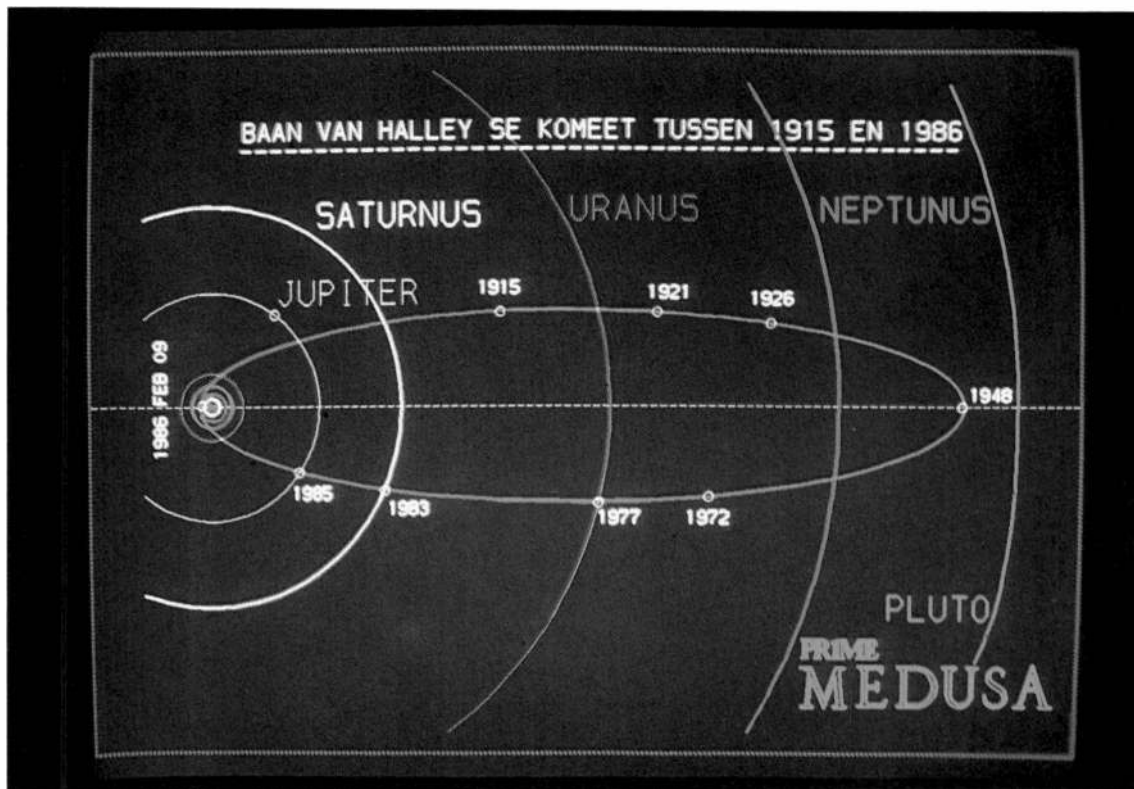


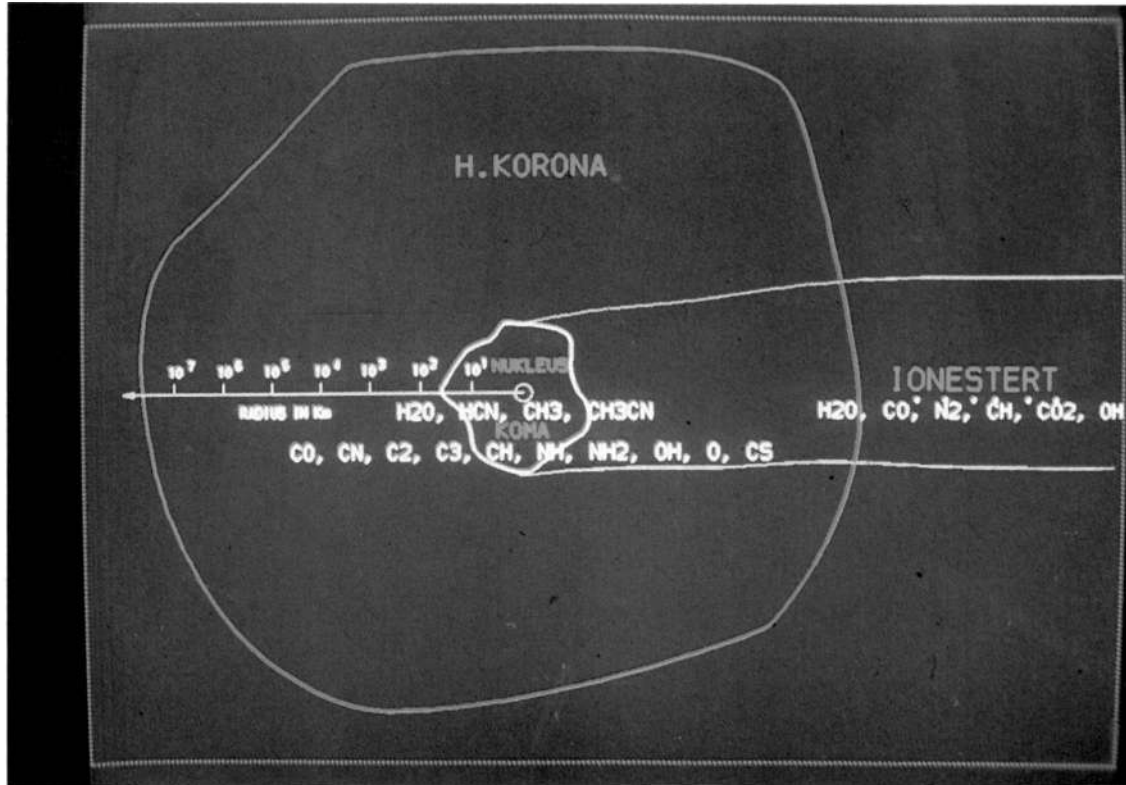
FIG 17: Dié foto van Halley se komeet wat op 6 Mei 1910 by die Lowell-sterrewag, Flagstaff, Arizona, VSA, geneem is, toon duidelik die twee sterte van die komeet – die reguit stert bo, en die effens geboë stofstert onder. Die komeet was ten tye van die opname 0,7 astronomiese eenhede van die son en 0,6 AE van die aarde af. (Foto: Lowell-sterrewag)



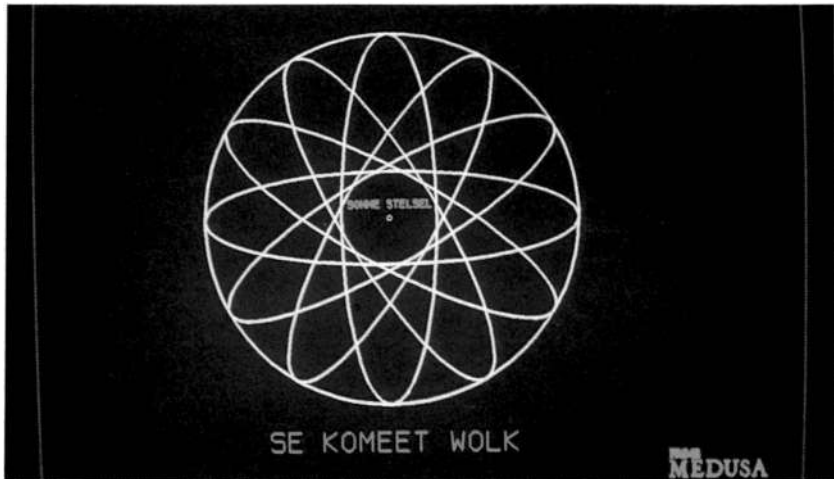
PLAAT 1 – Die terugkeer van Halley se komeet in 1985–86: Hierdie figuur toon duidelik die verhouding tussen die aarde se baanvlak (ekliptika) en die vlak waarin Halley se komeet beweeg. Belangrike datums wanneer die komeet naby aan die aarde kom, word aangedui. (Foto: Prime Computers, Johannesburg)



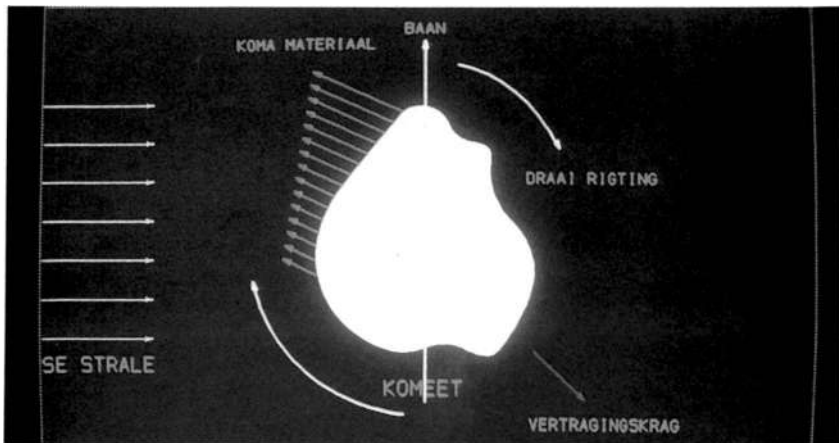
PLAAT 2 – Hierdie skematiese voorstelling verduidelik die beweging van Halley se komeet tussen 1910 en 1986. Die figuur toon veral die verhouding tussen die grootte en vorm van sy baan tot dié van die planete. Volgens die datums langs die komeetbaan bring die komeet die grootste deel van sy tyd deur ver weg van die son, anderkant die bane van Saturnus, Uranus en selfs Neptunus. (Foto: Prime Computers, Johannesburg)



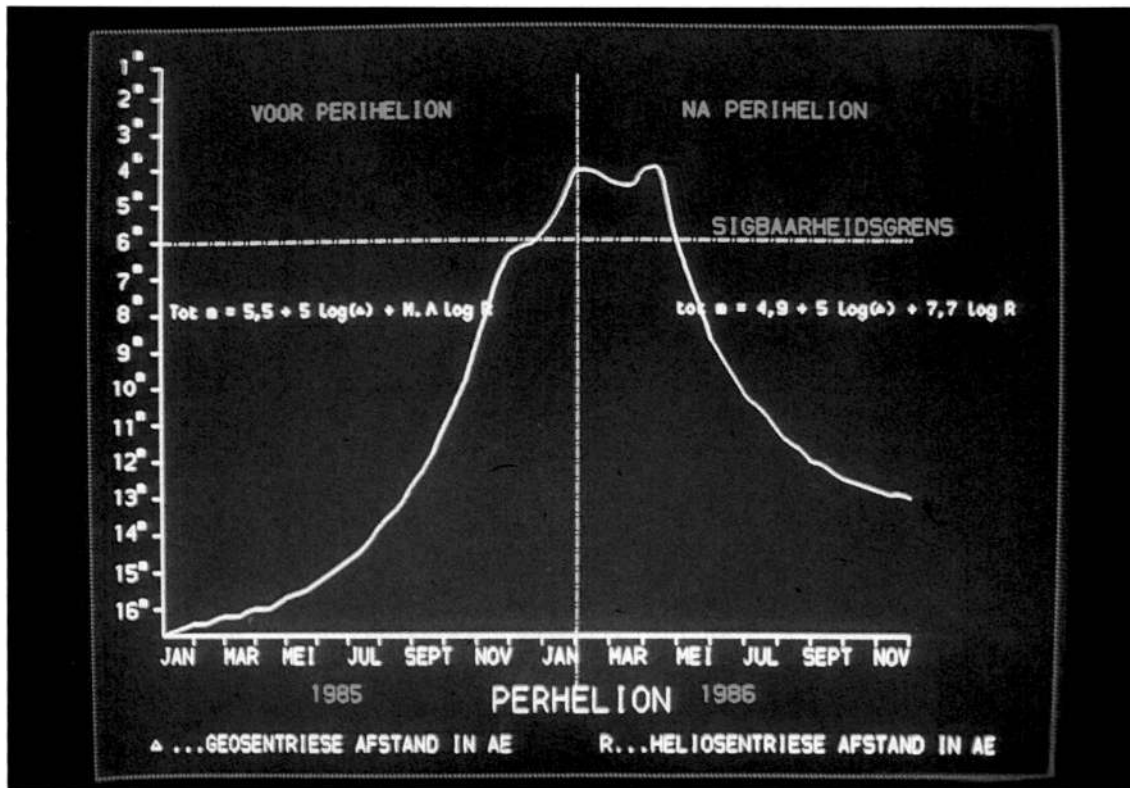
PLAAT 3 – Die chemiese samestelling van 'n komeet word in hierdie figuur verduidelik. Wanneer die nukleus van 'n komeet aktief raak as gevolg van die strale van die son, kom die "moedermolekules" daaruit te voorskyn. Hulle is water (H_2O), blousuur (HCN) en metielsianied (CH_3CN). In die koma veroorsaak die sonstrale dat 'n reeks molekules en radikale uit hulle ontstaan. Wanneer die sonwind hulle dan wegblaas in die rigting van die stert, word daar gelaai molekules gevorm. (Foto: Prime Computers, Johannesburg)



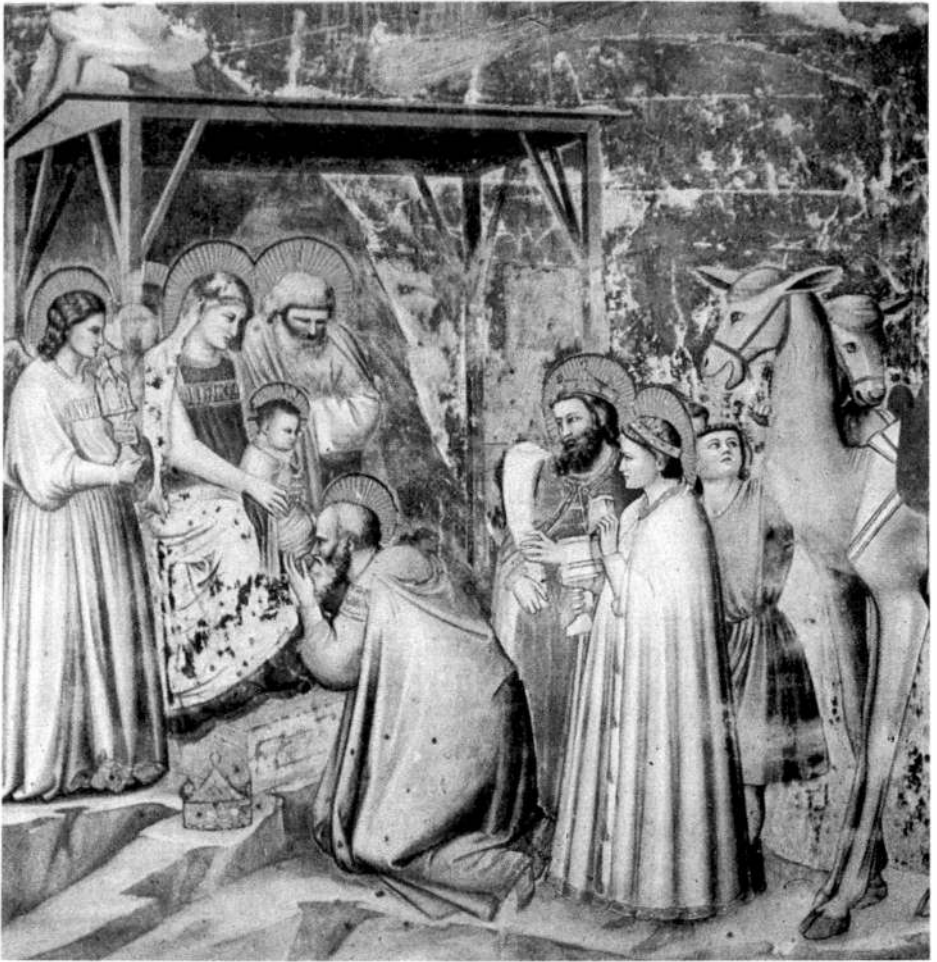
PLAAT 4 – Hierdie skematiese voorstelling is by wyse van rekenaartegniek geskep ter verduideliking van die enorme wolke van klein komeetkerne wat in die sonnestelsel omring tot op 'n afstand van een ligjaar. Die kerne is sô klein en dryfsô ver uitmekaar dat ons glad nie bewus van hulle is solank hulle daar ver in die ruimte ronddryfnie. Volgens die Nederlandse sterrekundige JH Oort is dit die poel waaruit die sigbare komete gedurig aangevul word. (Foto: Prime Computers, Johannesburg)



PLAAT 5 – Die sterrekundige Encke het 'n verklaring aangebied waarom sy komeet met elke terugkeer sowat $2\frac{1}{2}$ uur te vroeg deur sy perihelion gaan. Hy skryf dit daaraan toe dat die komeet êrens in sy baan weerstand ondervind deurdat die draaibeweging van die komeetkern die voorwaartse beweging van die komeet kan vertraag. (Foto: Prime Computers, Johannesburg)



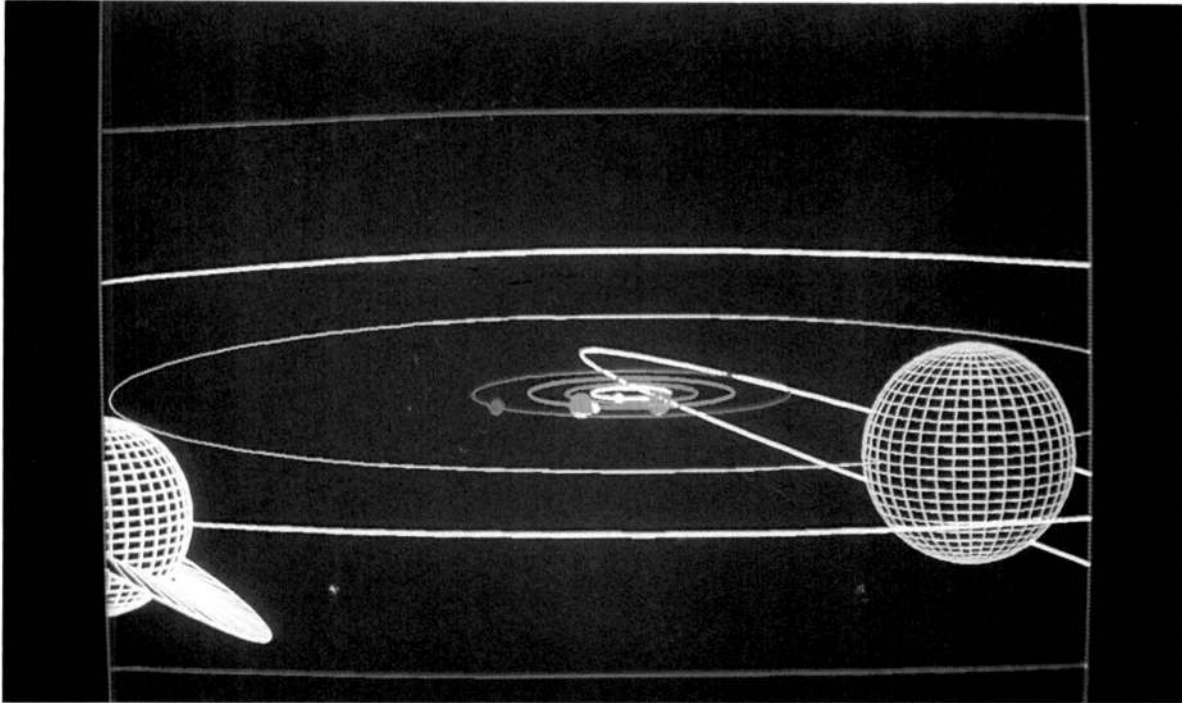
PLAAT 6 – Op grond van waarnemings van Halley se komeet wat gedoen is gedurende sy vorige besoek in 1909–10 het sterrekundiges 'n formule afgelei waarmee die steragrootte (M) van 'n komeet bepaal kan word. Van hierdie grafiese voorstelling kan die skynbare visuele totale grootte van Halley op die vertikale skaal geles word vóór en ná perihelion. (Foto: Prime Computers, Johannesburg)



PLAAT 7 – Hierdie baie bekende Bybelse toneel van die drie wyse manne uit die Ooste wat die kind Jesus kom vereer met hulle geskenke, het die skilder Giotto in die 14de eeu die geleentheid gegee om Halley se komeet in sy muurskildery te gebruik om die "Ster van Betlehem" uit te beeld. Bokant die houtafdak waaronder Maria en Josef met die Kindjie staan, kan Halley se komeet teen 'n blou hemel gesien word. Dit is bekend dat Halley se komeet in die jaar 12 vC gesten is. (Foto: Silvana-versameling, Pizzi Editore)



PLAAT 8 – Hierdie treffende kleurfoto is op 31 Oktober 1965 deur die komeet-kenner Jack Bennett in Pretoria geneem van die komeet Ikeya-Seki (1965 VIII). In daardie stadium het die ster met 'n booglengte van 20 grade oor die hemel gestrek. Let veral op die helder koma. Meer word van hierdie komeet in hoofstuk 8(f) vertel.



PLAAT 9 – Hierdie driedimensionele rekenaargrafiek verbeeld die bane van die planete, en ook die baan van Halley se komeet (die eliptiese wit lyn wat vanaf regs die foto binnekom) wat op 'n helling van 18 grade met die sirkelvormige planeetbane voorkom. Die komeet self word nie in die foto gesien nie. Hierdie voorstelling is asof dit gesien word vanaf die buitenste planeet Uranus waarvan die baan met die rooi lyn aangedui word. Die wit bal met die ringvormige skyf daarom verteenwoordig Saturnus op sy wit baan. Jupiter, die groot geel bal, staan in sy geel baan. Naby die kern verteenwoordig die klein rooi balletjie Mars op sy rooi baan. Die blou balletjie is die aarde. Die heel binnesten planete is Venus (groen) en Mercurius (wit). Die son waaromheen hierdie planeet wentel, is nie in die middelpunt getoon nie. (Foto: Prime Computers, Johannesburg)

van waterstofgas (H_2). In die geval van komeet Tago-Sato-Kosaka was die wolk groter as die son, en in die geval van komeet Bennett (1970 II), gemeet deur die satelliet OGO-5 ("Orbiting Geophysical Observatory"), was dit nog baie groter. Hoewel die Amerikaners, blykbaar om ekonomiese redes, nie 'n ruimtetuig opgestuur het om Halley se komeet in 1986 van naby te gaan ondersoek nie, sal hulle die komeet tog met hul bestaande wetenskaplike satelliete bestudeer.

Omdat die stert van 'n komeet altyd weg wys van die son af, gebeur dit dat die stert die kop volg terwyl die komeet die son nader, en dan ook langer en helderder word; maar dat die kop die stert volg terwyl die komeet weer van die son wegtrek en dowwer word.

'n Baie interessante ding gebeur terwyl 'n komeet baie vinnig deur sy perihelion beweeg. In 'n baie kort tydjie – soms duur dit net enkele ure soos in die geval van die sonskramkomete – verander die komeetkern heeltemal van rigting, en in die tussentyd blaas die son die stof- en gasdeeltjies nog altyd weg van hom af. Die gevolg is dat die stert, in plaas daarvan om reguit in die ruimte te wys, 'n pragtige boog vorm, soos 'n geboë swaard waarvan die lem al breër word na sy punt toe.

Na aanleiding van hierdie beskrywing van hoe 'n komeet "werk", is dit duidelik dat die gas- en stofdeeltjies wat loskom uit die kern van 'n komeet om die koma en stert te vorm, vir altyd verlore is vir die kern. Hulle verdwyn in die ruimte. Die rede hiervoor is dat die swaartekrag van die kern te swak is om hierdie deeltjies bymekaar te hou. Elke keer as 'n komeet kom "kuier" in die omgewing van die son, en vir ons 'n mooi "vuurwerkvertoning" kom gee, verlaat hy ons omgewing met 'n kleiner massa en minder gas- en stofdeeltjies vir sy volgende vertoning.

Dit lyk dus asof die komete in ons sonnestelsel 'n "bedreigde spesie" is, want hulle sal nie vir ewig net kan aanhou materie verloor nie.

Daar is ook nog verdere bedreigings vir komete. Saam met die gas- en stofdeeltjies wat loskom uit die komeetkern, is daar ook groter stukke, naamlik gruisklippies en groter klippe. Hulle is dan los van die kern, maar vlieg aanvanklik daarmee saam in die komeetbaan soos 'n swerm voëls. As gevolg van die groter aantrekkingskragte van die son en die planete, raak die klippies by die kern agter of loop hulle ook vooruit. Hulle is dan vir die kern verlore.

Hou die proses lank genoeg aan, sal die gruisklippies 'n lang uitgerekte swerm vorm wat min of meer in die komeet se baan om die son beweeg. Elke jaar tussen 4 en 6 Mei, en dan weer op ongeveer 21 Oktober, beweeg die aarde, in sy baan om die son, deur die baan van Halley se komeet. Dit gebeur so dat daar elke jaar op dié twee datums 'n merkbare toename in die aantal verskietende sterre (meteore) waargeneem word, en dat die rigtings waaruit hulle die aarde se atmosfeer binnekom ooreenstem met die beweging van Halley se komeet. Sterrekundiges noem die Mei-swerm die "Eta Akwariade", omdat hulle uit die rigting van die sterrebeeld Akwarius (die Waterman) kom, en die Oktober-swerm die "Orioniede", omdat hulle uit die rigting van die beeld Orion (die Jagter) kom. Onder gunstige omstandighede word daar op dié twee tye ongeveer 20 verskietende sterre per uur op enige plek waargeneem. Hulle ontstaan as gevolg van klein gruisklippies wat lank gelede van Halley se komeet weggebreek het.

Die verlies aan gas- en stofdeeltjies en groter gruisklippe is nie die enigste manier waarop komete besig is om tot niet te gaan nie. Op 27 Februarie 1826 het 'n Duitse sterrekundige, Wilhelm von Biela, 'n sogenoemde kortperiode-komeet ontdek wat die naam "Biela se komeet" gekry het. Sy periode was ongeveer 6 jaar en 7 maande. Met sy terugkeer na die son in Januarie 1846 het die komeet, terwyl die sterrekundiges toegekyk het, in twee komete verdeel. Dis nie seker of die verdeling van Biela se komeet veroorsaak is deur 'n interne ontploffing of deur die aantrekkingskrag van die son nie. Toe die komete in 1852 weer teruggekeer het, was die twee stukke $2\frac{1}{2}$ miljoen km uit mekaar. Met die volgende besoek in 1859 is hulle nie gesien nie, maar die baan was by dié geleentheid nie gunstig geleë nie. In 1865, toe die baan wel gunstig was, kon geen spoor van die komete gevind word nie, en ook nie weer sedertdien nie.

In November 1872 het die verskietende sterre egter een nag feitlik soos reën neergesak uit die rigting van die sterrebeeld Andromeda, wat uit dieselfde koers gekom het as dié waarlangs Biela se komeet vantevore beweeg het. Dit was 'n indrukwekkende vuurwerkvertoning waartydens waarnemers meer as 10 000 ligstrepe aan die donker hemel getel het.

Sterrekundiges glo dat hierdie verskietende sterre wat elke jaar op ongeveer 14 November opgemerk word, eintlik deur oorblywende stukkies van Biela se komeet veroorsaak word, en daarom staan die verskynsel ook bekend as die "Bieliedeteorreën".

Biela se komeet het ongetwyfeld tydens sy besoek aan die son in 1846 in

twee begin opbreek. Dié proses is voortgesit totdat dit vandag as 'n uitgestrekte swerm klein stukkies al langs die vorige baan van die komeet om die son beweeg. Die enigste tyd wanneer ons nog van die oorblyfsels van die komeet bewus word, is wanneer die aarde in November deur die gebied van die vroeëre baan van die komeet beweeg. Dan ondervind ons, onder gunstige omstandighede, 'n sterrereën wanneer die oorblywende stukkies van die komeet ons atmosfeer binnekom.

Sedert Biela se verdeling is daar al meer as 'n dosyn ander komete waargeneem wat in twee stukke verdeel het of heeltemal tot niet gegaan het. Daar moes in die verlede al talle komete gewees het wat op hierdie manier tot 'n geweldadige einde gekom het.

In die lig hiervan kan gevra word hoe dit moontlik is dat daar vandag nog hoegenaamd komete in ons sonnestelsel voorkom, aangesien hulle so broos is, en nie alleen geleidelik deur die son se bestraling "verdamp" nie, maar ook deur sy swaartekrag, en ook dié van planete, in klein stukkies opgebreek word. As die sonnestelsel werklik so oud is soos sterrekundiges glo, en as die komete van die begin af in hul huidige bane om die son beweeg het, moes almal lank gelede reeds tot niet gegaan het. Waar kom die huidige komete dan vandaan? Ons sal probeer om hierdie tergende vraag in die volgende hoofstuk te beantwoord.

HOOFSTUK SEWE

Waar kom die komete vandaan?

Komete is nie vaste, of min of meer onveranderlike liggame soos byvoorbeeld planete nie. Hulle massas is baie klein in vergelyking met dié van planete en selfs met dié van die maan of die mane van ander planete. Ons het gesien dat elke keer wanneer 'n komeet die omgewing van die son kom opsoek, hy van sy vaste stowwe en gasse verloor waaruit hy bestaan en dat so 'n komeet soms in twee stukke opbreek. Met die oog op die hoë ouderdom van die sonnestelsel, is dit dus nie moontlik dat komete, soos hulle vandag waargeneem word, van die begin af bestaan nie. Waar kom hulle vandaan?

Een moontlikheid is dat die komete wat ons vandag sien, latere toevoegings tot die son se familie kan wees. Ons weet dat die son met sy planete besig is om deur die ruimte te beweeg – al die sterre doen dit. In die ontsaglike ruimtes tussen die sterre dryf daar plek-plek uitgestrekte wolke wat uit gas en/of stofdeeltjies bestaan. Dit kon êrens in die verlede gebeur het dat die son met sy gevolg in so'n wolk beland het en 'n aantal komete daaruit geskaak het deur hulle met sy swaartekrag mee te sleur.

Behalwe vir die honderde komete wat die afgelope drie eeue lank waargeneem is, is daar moontlik duisende wat nie gesien is nie en waarvan sterrekundiges



FIG 18: *Die Nederlandse sterrekundige, prof JH Oort, was in 1961 voorsitter van die Internasionale Sterrekundige Vereniging. In die lig van die hoë ouderdom van die sonnestelsel en die feit dat komete na herhaalde besoeke aan die son moet "uitwerk", kon sterrekundiges nie verklaar nie waarom daar hoegenaamd nog komete waargeneem word as aanvaar word dat hulle sedert die ontstaan van die sonnestelsel daar was. Oort het in 1950 met die teorie voor 'n dag gekom dat daar 'n ontsaglik uitgestrekte wolk van komeetkerne in die ruimte rondswef op 'n afstand van ongeveer een ligjaar van die son. Volgens die teorie word die voorraad van sigbare komete van tyd tot tyd aangevul uit hierdie baie doeltreffende ruimtevrieskas.*

nie bewus is nie. Dit sal moeilik wees om te verklaar hoe die son dit reggekry het om in 'n kort tydjie vir hom soveel komete bymekaar te maak.

'n Ander gedagte, wat nogal in 'n stadium baie gewild was, is dat komete afkomstig is veral van die twee grootste planete, Jupiter en Saturnus, en dat hulle deurlopend gebore word wanneer een van die planete met sy uitgestrekte atmosfeer, 'n gasbol die ruimte inskiet. Die feit dat elke komeet 'n klein maar vaste kern het, en dat die bane van komete is soos waargeneem deur sterrekundiges, pas ongelukkig nie mooi in by so'n teorie nie. Dis jammer, want dit sou dalk moontlik kon wees om met behulp van 'n ruimtetuig soos die Amerikaanse Voyager, te gaan kyk hoe 'n komeet by Jupiter of by Saturnus gebore word.

In 1950 het die Nederlandse sterrekundige, JH Oort, met 'n teorie oor die her-koms van komete vorendag gekom wat vandag taamlik algemeen aanvaar word. Sterrekundiges glo dat die skepping van die sonnestelsel min of meer soos volg verloop het:

Aanvanklik was daar 'n baie dun, uitgestrekte gaswolk in die ruimte wat 'n stadige draaibeweging gehad het. Hierdie gaswolk het onder sy eie aantrekkingskrag begin saamtrek, aanvanklik baie stadig, en soos dit gevorder het, al vinniger. Terselfdertyd het dit ook vinniger gedraai en die ronde vorm aangeneem. 'n Groot deel van die wolk het uiteindelik 'n digte ronde liggaam geword, die oer-son.

Daar het egter in die proses stukke agtergebly wat op hulle eie saamgetrek het om die planete en ander vaste liggame in die sonnestelsel te vorm. Heel aan die begin, egter, het daar 'n groot aantal (Oort meen dit was baie miljoene) kleiner stukkies van die gaswolk agtergebly, ver van waar die son later sou ontstaan. Hierdie stukkies het heel rustig in die "buitewyke" van die sonnestelsel hulle wye bane om die son deurloop, en die meeste van hulle is vandag nog daar. Ons kan hulle nie sien nie, want hulle is ver van die son af, ongeveer een ligjaar ver, of een kwart van die afstand na die naaste ster, Alfa Centauri (plaat 4).

Die son se strale is daar ver ontsettend flou, sodat "Oort se kometewolk", soos dit genoem word, net uit 'n klomp bevrore komeetkerne bestaan. Sedert die ontstaan van die sonnestelsel word hulle daar bewaar in wat beskou word as seker die doeltreffendste "vrieskas" wat 'n mens jou kan bedink.

Die totale massa van Oort se kometewolk word geskat as gelyk aan die massa van die aardbol, of ongeveer 10^{24} kg. Dit lyk na 'n baie groot massa, maar dit

is opgebreek in sowat een miljard of 10^9 stukke wat vir elke “oerkomeet” in die wolk 'n gemiddelde massa van 10^{15} of een duisend biljoen kg oorlaat. Die hoeveelheid sterlig van buite wat deur die kometewolk afgesny word is minimaal, dus is dit glad nie verbasend dat ons heeltemal onbewus daarvan is nie.

Dit gebeur van tyd tot tyd (Oort meen eenmaal elke miljoen jaar is voldoende) dat 'n ster naby die wolk verbyvlieg, en die rustige baanbeweging van 'n aantal van die komeetkerne in die wolk deur sy aantrekkingskrag versteur. Afhangende van snelhede en afstande sal die verbyganger 'n aantal van die komeetkerne wegtrek agter hom aan, maar dan ook 'n aantal van hulle bane om die son so verander dat hulle daarna 'n draai gaan maak naby die son.

Wanneer so 'n komeetkern vir die eerste maal van ver af by die son kom draai, sal dit byna seker in 'n hiperboliese baan beweeg; met ander woorde dit sal eenvoudig verder langs die hiperbool beweeg en nooit weer terugkeer nie.

Dit kan egter gebeur dat die komeet, wanneer hy naby die son kom, onder die invloed van een van die planete beland, veral een van die grotes, naamlik Jupiter of Saturnus. As hy toevallig naby een van hulle verbyvlieg, kan die aantrekkingskrag van die planeet 'n baie groot invloed hê op die verdere baan van die komeet, aangesien sy massa soveel kleiner is as dié van die planeet.

Die uitwerking van die aantrekkingskrag kan wees dat dit die komeet laat versnel. Dit sal beteken dat die komeet die son se omgewing nog vinniger sal verlaat as wat dit daarheen gekom het. So 'n komeet keer dan nooit weer terug nie. As die omstandighede egter daarvoor gunstig is, sal die aantrekkingskrag van die planeet 'n remmende invloed op die komeet hê. As die planeet die komeet genoegsaam kan vertraag, sal laasgenoemde ná die eerste verbyvlug in 'n elliptiese baan om die son beweeg, en na honderde of duisende jare weer na ons omgewing van die sonnestelsel terugkeer. Dit word dan 'n periodiese komeet, wat die voorraad van “sigbare” komete weer aanvul.

Vanweë hulle geringe massa is komete se bane nogal gevoelig vir die steurings van die planete. Ons sien dit byvoorbeeld in die geval van komeet Halley. Soos ons gesien het maak sy baanvlak 'n hoek van 162° ('n mens sou ook kon sê 18°) met dié van die aarde. Dit beteken dat hy nie juis baie naby aan die groot planete, Jupiter en Saturnus kan kom nie.

Tog is daar 'n merkbare invloed deur dié planete op die komeet se beweging. Die periode of omloopstyd van Halley se komeet is nie konstant soos dit moet wees as hy sy baan om die son sonder steurings gevolg het nie. Die periode

word gewoonlik aangegee as 76 jaar, maar as gevolg van steurings deur die planete kan dit so kort wees as 74,4 jaar. Die periode was ongeveer 79 jaar tussen sy verskynings in die jare 451 en 530 (tabel 1).

Nog 'n sprekende voorbeeld van 'n komeet waarvan die baan deur steurings van Jupiter verander is, is 'n komeet wat in 1770 ontdek is en bekend staan as Lexell se komeet. Lexell het die komeet nie ontdek nie, maar het die berekenings van die baan deurgevoer en aangetoon dat die komeet se baan groot veranderings ondergaan het deurdat dit in 1767 en weer in 1779 baie naby aan die planeet Jupiter gekom het.

Die "ontmoeting" met Jupiter in Mei 1767 het tot gevolg gehad dat die komeet Lexell daarna 'n baan gevolg het met 'n periode van slegs 5,6 jaar. Dis juis as gevolg van die feit dat die komeet in 1770 so naby aan die aarde verbygevlieg het dat dit ontdek is. Trouens dit was die naaste wat 'n komeet nog ooit aan die aarde was. Die invloed van die aarde op die komeet by dié geleentheid was dat dit sy periode met verskeie dae verander het. Tog was daar geen merkbare invloed van die komeet op die aarde se bewegings nie. Dit plaas 'n boonste perk op die massa van die komeet. Dit weeg nog miljoene der miljoene ton, maar dis baie gering in vergelyking met die massas van die planete.

In 1779, tydens die tweede "ontmoeting" tussen Lexell se komeet en Jupiter, was die gevolg dat die komeet 'n groot versnelling in sy beweging ondervind het. Party sterrekundiges glo dat die baan daardeur so verander is dat die komeet gevolglik 260 jaar nodig het om sy baan te voltooi. Ander sterrekundiges meen aan die anderkant dat die versnelling só groot was dat die komeet daarna langs 'n hiperboliese baan heeltemal uit die sonnestelsel verdwyn het en dat ons dit nooit weer sal kan waarneem nie. Dit sou dus 'n geval gewees het waarin Jupiter 'n komeet eers "gevang" het, en daarna uitgewerp het uit die son se familie.

Ons hoef nie te veel te treur oor die feit dat komete duidelik besig is om tot niet te gaan of uit dié sonnestelsel te verdwyn nie. Indien Oort se teorie korrek is, word hulle getalle gedurig aangevul vanuit die "vrieskas" ver in die buitewyke van die sonnestelsel. Daar sal dus altyd "nuwe" komete opdaag om die harte van toekomstige aardbewoners te verbly. Die ou bekende komete raak uitgewerk en gaan tot niet, of word uitgegooi uit die "familie". Volgens Oort sal daar egter altyd weer "nuwe", groot komete naby die son hulle draai kom maak om sodoende vir aardbewoners een van die indrukwekkendste natuurverskynsels op te tower.

HOOFSTUK AGT

Besondere komete van die verlede

Die ontdekking van komete en hulle benamings

Lank gelede is komete amper deur die bank toevallig raakgesien deur mense wat met sonsopgang of sonsondergang na die son, of in die nag na die sterreheem gekyk het. Die komeet moes toe reeds al betreklik helder gewees of 'n opvallende stert vertoon het om ontdek te kan word. Vandag word die meeste van hulle gevind wanneer hulle nog veel dowwer is, deur persone wat stelselmatig op soek is na komete. Hulle gebruik liefs teleskope met 'n redelik wye gesigsveld wat 'n goeie gedeelte van die sterreheem op 'n keer kan dek.

Die baanvlakke van die helder planete lê almal redelik naby aan dié van die aarde (die ekliptika). Daarom sien ons hulle van die aarde af nooit ver van die ekliptika nie. Die ringgebied rondom die sterreheem wat 9° weerskante van die ekliptika dek, word genoem die Diereriem (Sodiak). Dit word so genoem omdat die twaalf sterrebeelde waarin die Diereriem in twaalf dele verdeel word, omtrent almal lewende wesens, hoofsaaklik diere, voorstel. In die sterrekunde van lank gelede – en in die Astrologie tot op die hede – speel die Diereriem 'n groot rol, omdat mense gemerk het dat die planete nooit buitekant die gebied van die Diereriem dwaal nie. Daarteenoor het hulle baie lank gelede reeds gemerk dat komete dikwels in gebiede van die sterreheem verskyn wat baie ver van die

Diereriem geleë is. Toe dit geblyk het dat die baanvlakke van komete enige moontlike hoek met die ekliptika kan maak, was dit maklik om in te sien waarom komete in hierdie opsig van planete verskil.

Sommige ontdekkings van komete word ook gemaak op fotografiese opnames van dele van die sterreheem. Sulke ontdekkings is heeltemal toevallig omdat die opnames gewoonlik vir ander doele gemaak word. 'n Komeet wat op dié manier ontdek word kan maklik "verlore" raak onder die duisende sterre as die waarneming nie betyds opgevolg word nie. 'n Komeet wat een nag op 'n bepaalde plek sit, sal die volgende nag na 'n heeltemal ander sterreveld uitwyk, en sterrekundiges weet hoe moeilik dit is om dan te besluit waar om daarvoor te gaan soek.

'n Nuut-ontdekte komeet kry voorlopig die naam van sy ontdekker. So praat ons van Donati se komeet of komeet Donati (fig 19), omdat die Italianer Donati die komeet in 1858 ontdek het. Soms word 'n komeet deur meer as een persoon



FIG 19: Hierdie tekening van Donati se komeet (1858 VI) – een van die helderste komete wat ooit gesien is – toon 'n baie helder stofstert en twee veel dowwer reguit gassterte.



FIG 20: Komeet Arend-Roland (1957 III) is uit die Lick-sterrewag op Mount Hamilton, Kalifornië, V.S.A. afgeneem. Dit toon die tru-stert wat by hierdie komeet so opvallend was. Dit lyk asof die koma, naas sy gewone stert wat weg van die son afwys, ook 'n fyn, dun stert presies in die rigting van die son uitskiet. Op die oorspronklike foto lyk dit byna net so lank soos die regte stert. Dit is gevorm deur deeltjies uit die koma wat in die baanvlak agtergelaat is soos die komeet voortbeweeg. Wanneer die aarde hom dan min of meer in daardie baanvlak bevind, kan die tru-stert gesien word. Dié stert is egter 'n optiese illusie en is nie werklik na die son gerig nie. (Foto: Lick-sterrewag)

ontdek, en dan bestaan sy voorlopige naam uit twee of selfs drie dele. In 1956 het die twee Belgiese sterrekundiges, Arend en Roland, 'n komeet ontdek, en dit het die naam gekry van komeet Arend-Roland (fig 20 en plaat 8).

Daar is gevalle van komete – Halley se komeet is die beroemdste een – wat ver-
noem is na 'n persoon wat later iets opspraakwekkends in verband met die
besondere komeet vasgestel het. Die komeet het Halley se naam gekry, soos
ons reeds gesien het in hoofstuk 3, omdat hy vasgestel het dat die komeet 'n
periodieke verskynsel is, en laasgenoemde se terugkeer in 1758 lank vooruit
voorspel het. Net so praat ons van Encke se komeet (sien (b) later), hoewel dit
lank voor sy tyd ontdek is.

Dit het vir sterrekundiges mettertyd egter onprakties geword om 'n komeet vol-
gens die van van sy ontdekker(s) te identifiseer. Wat sal hulle te doen staan as
die Suid-Afrikaanse komeetjagter, JC Bennett, ontdekker word van meer as een
komeet? Of in die geval van die Japanner, Honda, wat al 'n dosyn komete
ontdek het?

Sterrekundiges het toe 'n tweede voorlopige benaming vir komete ingestel: dit
bestaan uit die jaartal waarin die komeet ontdek is, gevolg deur 'n kleinletter
van die alfabet wat die volgorde van die ontdekkings in die betrokke jaar reflek-
teer. So, byvoorbeeld, was Ikeya se komeet van 1963 bekend as komeet
1963a, omdat dit die eerste komeet was wat in 1963 ontdek is.

Ook hierdie metode van naamgewing vir komete is egter nie die finale een nie.
'n Komeet kry vandag uiteindelik die naam van die jaartal waarin hy deur sy
perihelion gaan, gevolg deur die Romeinse syfer wat die volgorde van die
periheliondeurgange vir daardie jaar weerspieël. Let op, die jaar van die
ontdekking van 'n komeet mag verskil van die jaar waarin hy sy perihelion
bereik.

Dit duur 'n paar jaar om oor die juiste volgorde van die periheliondeurgange te
besluit, met die gevolg dat die finale name van komete vir 'n bepaalde jaar eers
'n paar jaar ná die tyd gegee kan word. Ikeya se komeet van 1963, of komeet
1963a, het uiteindelik komeet 1963 I geword, omdat dit ook later geblyk het
dat dit die eerste komeet was wat, sover bekend, sy perihelion gedurende 1963
bereik het.

Soms word daar 'n hoofletter P vooraan die naam van 'n komeet gevoeg. Dit
gebeur in gevalle waar dit seker is dat die komeet 'n elliptiese baan volg en der-
halwe periodiek verskyn. So verwys sommige boeke ook na komeet Halley as
komeet P/Halley.

(a) Die ster van Betlehem

Die beroemdste van alle verskynsels aan die sterreheemel is seker die ster van Betlehem. Ons lees daarvan in die Bybel in Matt. 2:

Jesus is in Betlehem in Judea gebore tydens die regering van koning Herodes. Na Jesus se geboorte het daar sterrekykers uit die ooste in Jerusalem aangekom en gevra: "Waar is Hy wat as koning van die Jode gebore is? Ons het sy ster sien opkom en ons het gekom om aan Hom hulde te bewys".

Koning Herodes was natuurlik baie ontsteld toe hy hoor van die "koning van die Jode" wat gebore is, en het die priesters en die skrifgeleerders uitgevra oor die plek waar die Christus gebore sou word. Hulle het na aanleiding van die voorspelling van die profeet Miga geantwoord het dat Hy uit Betlehem in Judea sou kom.

Herodes het die sterrekykers stilletjies laat roep en hulle gevra om ondersoek te gaan instel, en dan aan hom verslag te kom doen. Hy het voorgegee dat hy graag self wou heengaan om aan die Kindjie eer te betoon.

Hulle het die koning aangehoor en toe vertrek. Mattheüs vertel dan verder:

en kyk, die ster wat hulle sien opkom het, het hulle gelei totdat dit gaan staan het bo die plek waar die Kindjie was. Toe hulle die ster sien was hulle baie bly.

Hulle het die vertrek binnegegaan, die geskenke vir die Kindjie uit hul reissakke gehaal en eer aan Hom bewys.

Die bekende Italiaanse skilder, Giotto di Bondone, het in die 14de eeu 'n beroemde skildery in die Arena-kapel in Padua hiervan gemaak (plaat 7). Dit dra die naam "Die aanbidding van die Wyse Manne uit die Ooste" (Magi). Bokaant die afdak waaronder Maria haar bevind, het Giotto 'n komeet met 'n helder kop en 'n baie realistiese stert afgebeeld. Mense reken dit was hoe die skilder Halley se komeet onthou het en in die jaar 1301 gesien het. Indien dit so is, is dit die derde oudste afbeelding van Halley se komeet waarvan ons met sekerheid weet. Die afbeeldings in die Kroniek van Nuremberg (fig 1) en op die Bayeux-tapisserie (fig 2) is ouer.

Die Europeërs wat 'n ruimtetuig opgestuur het om Halley se komeet van naby te gaan bestudeer, het die tuig die heel gepaste naam "Giotto" gegee. Dele daarvan is in Engeland gebou, en dit is op 10 Julie 1985 gelanseer. Op 13 Maart 1986 sal die ruimtetuig binne 1 000 km van die kern van Halley se komeet verbyvlieg. Dit sal dan op 'n afstand van 150 miljoen km van die aarde en 133

miljoen km van die son af wees. Dit sal so naby die komeet kom dat die vrees bestaan dat die tuig beskadig of selfs vernietig sal word as gevolg van botsings met komeetdeeltjies.

'n Baie tergende vraag wat tot vandag toe nog nie bevredigend beantwoord kon word nie is: Wat presies was die ster van Betlehem? Sterrekykers in die Ooste is deur middel van die ster bewus gemaak van die geboorte van die Koning van die Jode. Hulle het dit later met blydschap herken, en dit het hulle gelei na die huis waar die Kindjie was.

As dit 'n komeet was, soos Giotto en andere gedink het, is dit moeilik om te begryp hoe die sterrekykers dit kon herken toe hulle dit maande daarna weer gesien het. 'n Komeet verander gedurig van posisie onder die sterre, en sy voorkoms wissel van nag tot nag. Verder is dit bekend dat die verskyning van 'n komeet in die ou dae 'n ramp aangekondig het, en nie 'n vreugdevolle gebeurtenis soos die geboorte van 'n koning nie. Bowendien was Halley se komeet sigbaar in die jaar 12 vC, en geleerdes bereken dat Jesus nie vroeër as 7 vC gebore is nie. Daar was ook nie 'n ander helder komeet in daardie jare sigbaar sover ons weet nie.

Daar is mense wat vandag die moontlikheid dat die Mattheüs-evangelie na Halley se komeet verwys, nie verwerp nie. Hulle aanvaar dat die komeet in 12 vC sigbaar was en dat Jesus in ongeveer 6 vC in Betlehem gebore is. Hulle meen dat, toe die Evangelie van Mattheüs te boek gestel is, dit reeds 'n lang tyd ná die gebeurtenisse plaasgevind het. Die oorlewering het hulle gelyktydig geplaas, en het hulle met mekaar in verband gebring. Sulke Bybelverklaarders meen dat die mooi storie eenvoudig net so in die Evangelie opgeneem is. Mense wat die waarheid van die Skrif aanvaar, sal natuurlik so 'n uitleg verwerp.

Die verklaring van Betlehem se ster wat vandag nogal die meeste aanhang geniet, is dat dit nie 'n enkele ster was nie, maar die skynbare sameloop aan die hemel van die drie helder planete, Mars, Jupiter en Saturnus. 'n Soortgelyke gebeurtenis het plaasgevind in 7 vC in die sterrebeeld Pisces (die Visse). Oor 'n tydperk het die drie planete aand na aand digter na mekaar geskuif totdat hulle naderhand 'n klein helder driehoekie van planete gevorm het. Daar word gesê dat dieselfde drie planete eeue tevore ook so digby mekaar in dieselfde sterrebeeld geleë was toe Moses gebore is.

(b) Encke se komeet

In 1818 het die Duitse sterrekundige, Johann Franz Encke, vasgestel dat die dowwe komete wat in 1786, 1795, 1805 en 1818 waargeneem is, in werklikheid een en dieselfde komeet was. Ná Halley s'n was dit die tweede komeet waarvoor bewys gelewer is dat dit in 'n elliptiese baan om die son beweeg, en dus ook 'n vaste omloopstyd of -periode het. Teenoor die periode van 76 jaar wat Halley se komeet het, het Encke se komeet 'n periode van net 3 jaar en 4 maande. Dit is die kortste bekende periode vir 'n komeet. Teenoor die 29 deurgange deur perihelion wat Halley se komeet ondergaan het (waarvan ons weet), het Encke se komeet sowat 60 op sy kerfstok.

Encke het vasgestel dat sy komeet met elke terugkeer sowat $2\frac{1}{2}$ uur te vroeg deur sy perihelion gaan. Dit beteken dat die baan stadig besig is om te krimp. Hy het dit probeer verklaar deur te sê dat die komeet êrens in sy baan weerstand ondervind. Die baan is egter betreklik klein, die komeet gaan draai duskant Jupiter, en sy perihelion lê binne die aarde se baan – g'n ander liggame wat in die gebied beweeg verrai so 'n weerstandsmiddele nie.

Die oorsaak van die geleidelike verandering in die periode van Encke se komeet, is die draaibeweging van die kern. Wanneer die son die kern verwarm, werk die yse en stofdeeltjies wat verdamp soos 'n spuitmotor op klein skaal. Afhangende van die rigting waarin dit draai, sal die uitwerking hiervan wees dat die baan van die komeet krimp of groei, dit wil sê die periode sal korter of langer word. Plaat 5 verduidelik hoe die draairigting van die komeetkern sy beweging vertraag. Die kern is nie rond nie en beweeg in die voorstelling van onder na bo in geheel. Die sonstrale val van links daarop, terwyl die kern kloksgewys draai. Dié deel van die kern wat na die son gekeer is, ontvang sonstrale aan daardie kant, wat veroorsaak dat die buitelaag opkook soos aangedui deur die pyltjies.

Die opkokery sal aanhou ook wanneer dié betrokke oppervlak van die kern van die son af wegdraai, byvoorbeeld na die voorkant (plaat 5). Dit veroorsaak 'n remkrag op die voorwaartse beweging van die kern, byna soos die remkrag wat gebruik word om 'n straalvliegtuig op 'n aanloopbaan tot stilstand te bring.

Die vertraging in die beweging van die komeet beteken dat die baan om die son geleidelik kleiner word en dat die komeet se omloopstyd of periode, P , steeds korter word. Dit is skynbaar wat besig is om baie stadig met Encke se komeet te gebeur.

Met die omgekeerde draairigting van die kern, dit wil sê anti-kloksgewys, en met die bewegingsrigting van die kern en die rigting van die sonstrale dieselfde as hierbo, sal die spuitmotoraksie van die verdamping van yse in die kern, neig om in die rigting van die kern se beweging te werk. In so 'n geval word die kern geleidelik daardeur versnel, en sy baan vergroot. Dit beteken dat sy periode verleng, en die komeet sal elke keer 'n bietjie later by sy perihelion aankom.

Let op dat 'n ander wet in die geval van baanbewegings in die ruimte geld as dié waaraan ons gewoon is; as 'n komeet (of planeet) gerem word, kom dit steeds vroeër by die perihelion aan, en as dit versnel word, kom dit later daar aan!

(c) Donati se komeet (1858 VI)

Die Italiaanse sterrekundige, Giovanni Donati, het hierdie komeet op 2 Junie 1858 as 'n dowwe newelagtigheid ontdek. Dit het ontwikkel en een van die mooiste skouspele van sy soort geword. Namate die komeet die son genader het, het sy stert gegroei tot 'n lengte van 70 miljoen km – byna die helfte van die afstand tussen die son en die aarde. Op ou tekeninge van Donati se komeet – komete is toe nog nie gefotografeer nie – word meer as een stert getoon. Op een van hulle is daar 'n indrukwekkende breë geboë stert, en daarby twee baie fyner sterte wat reguit vanuit die kop loop. Soos in hoofstuk 6 verduidelik, was hierdie niks anders as die geboë stofstert en reguit gassterte nie. Die stofstert het 'n gelerige kleur omdat 'n mens sonlig sien wat weerkaats word. Dit vertoon meer egalig as die blouerige gasstert (fig 19).

(d) Tebbutt se komeet (1861 II)

Hierdie komeet word deur sommige sterrekundiges bestempel as die helderste en indrukwekkendste komeet van alle tye. Dit is deur John Tebbutt van Windsor in Nieu-Suid-Wallis, Australië op 13 Mei 1861 ontdek.

Die kop van Tebbutt se komeet het na 'n paar weke so helder geword dat mense dit net voor opkoms aangesien het vir die opkomende maan. Die stert het aanvanklik gegroei en in 'n stadium oor 'n hoek van 120° aan die hemel gestrek. Sy werklike maksimum lengte was ongeveer 50 miljoen km. 'n Duitse sterrekundige, Johannes Schmidt, wat die komeet in Athene waargeneem het, praat van “'n groot rokende vuurmassa wat in die lug gehang het”, en wat in 'n stadium skaduwees gegooi het. Toe die aarde op 28 en 29 Junie 1861 deur die komeet se stert beweeg het, het dit 'n eienaardige effek op die sonlig gehad. Ongetwyfeld is dit veroorsaak deur die wolk van stofdeeltjies in die stert waardeer die aarde beweeg het.

(e) Komeet Arend-Roland (1957 III)

Omdat komeet Arend-Roland die agtste komeet was wat gedurende 1956 gevind is, was sy voorlopige naam "1956h". Nadat al die bane van die komete vir 1957 bereken is, het dit geblyk dat dié komeet derde in die ry was om gedurende 1957 sy perihelion te bereik, vandaar dus sy finale benaming, 1957 III.

In 'n geval soos hierdie waarin die komeet om 'n besondere rede die aandag trek, word die eerste naam, nl. dié met die naam van die ontdekker in die algemeen behou. Gedurende April en Mei 1957, was komeet Arend-Roland sigbaar met die blote oog, maar nie juis buitengewoon helder nie. Dit het die aandag so'n bietjie getrek omdat dit verskeie kere skielik opgehelder het.

Gedurende die laaste twee weke van April 1957, het dit egter uit die aandiskemer beweeg. Dit het toe geblyk dat die komeet naas 'n pragtige normale stert wat oor 30° strek, ook 'n dun, reguit stert het wat skynbaar in 'n teenoorgestelde rigting na die son toe wys. So 'n "trustert" – die Engelse praat van 'n "anti-tail" – word selde by helder komete gesien, maar hierdie een by komeet Arend-Roland, was die opvallendste een bekend.

Ons het verduidelik hoe 'n komeet se stert ontstaan wanneer die son met sy strale komeetstof van hom af wegblaas. Dit is dus onmoontlik vir 'n komeet om 'n stert te hê wat werklik na die son toe wys. Arend-Roland se trustert was oëverblindery. Dié komeet het in die geboë deel van sy baan om die son van sy stof en ander deeltjies in 'n vlak uitgestrooi. In daardie stadium het ons vir 'n rukkie van die kant af na die vlak gekyk, wat dit vir ons 'n speerpunt laat lyk het wat na die son gerig was (fig 20).

(f) Komeet Ikeya-Seki (1965 VIII)

Onder die honderde komete wat die afgelope paar eeue waargeneem is en waarvan die bane bereken is, is daar 'n klein groepie wat bekend staan as "sonskramkomete". Hulle bane is geweldig langwerpig, hulle omlooptye of periodes beloop honderde jare en hulle perihelionafstande is so klein dat hulle skrams by die son verbyvlieg – vandaar die naam "sonskramkomete". Party van hulle het so naby aan die son kom draai dat hulle eintlik deur die son se atmosfeer beweeg het.

Hoewel hulle die naby deel van hulle bane baie vinnig deurloop het, is hulle vanweë die geringe afstand van die son af meer genadeloos bestraal as ander komete wat nooit so naby daaraan gekom het nie. Die gevolg is dat hulle



lang sterte kon ontwikkel. Een so 'n komeet, die helderste wat in hierdie eeu verskyn het, en een wat onder die helderste komete van alle tye getel word, was die komeet Ikeya-Seki, ook bekend as 1965 VIII, omdat hy gedurende 1965 die agtste komeet was om sy perihelion te bereik (fig 21).

Vroeg in die môre van 18 September 1965, het twee Japannese amateur-sterrekundiges, K. Ikeya en T. Seki, onafhanklik van mekaar en feitlik gelyktydig, 'n dowwe kolletjie aan die hemel ontdek, wat Seki beskryf het as: "soos 'n straatlig op 'n mistige aand".

Kaoru Ikeya se belangstelling in die sterreheem het begin toe hy nog maar ses jaar oud was. Hy het heelwat gelees oor sterrekunde en op 13-jarige ouderdom het hy besluit om sy eie teleskoop te bou. Dit het goed gegaan met die Ikeya-familie, en sy vader het 'n suksesvolle besigheid gehad. Die familie het egter terugslae begin ondervind en Kaoru se vader het begin drink. Sy ma moes gaan werk, en hy self moes die skool verlaat om geld te gaan verdien.

Selfs toe die familie so swaar gekry het, het Kaoru sy belangstelling in die sterrekunde behou, en elke dag vroeg opgestaan om 'n spieël vir sy eie teleskoop te slyp en ook om die ander dele te maak. Toe hy agtien was, was die teleskoop voltooi. Dit het hom altesame 20 dollar gekos. Daarmee het hy soggens tussen drie- en vyfuur, voor hy werk toe moes gaan, die sterreheem gefynkam, op soek na komete. Sy ideaal was om 'n komeet te ontdek wat Ikeya genoem sou word. Dit sou die familienaam, waaroor sy pa soveel skande gebring het, in ere herstel.

Gedurende die nag van 2 Januarie 1963 het Kaoru aan die oostelike hemel 'n dowwe voorwerp met sy teleskoop opgemerk, en gou vasgestel dat daar nie 'n ster of newel op daardie plek is nie. Die volgende dag het hy sy ontdekking bekend gemaak aan die sterrekundiges van die Tokio-sterrewag. Hulle het

◁ **FIG 21:** *Komeet Ikeya-Seki (1965 VIII) wat deur Jerome Loomis by die Sacramento Peak-sterrewag in die westelike VSA afgeneem is, ressorteer onder die sonskramkomete. Dit is komete wat sulke klein perihelionafstande het dat hulle feitlik deur die son se atmosfeer beweeg. Hulle ontwikkel derhalwe gewoonlik baie lang sterte, en as hulle gunstig geplaas is – soos in die geval van Ikeya-Seki – maak hulle 'n indrukwekkende vertoning. Die stert is effens geboë waar dit helder is, maar swaai meer by sy punt waar dit reeds taamluk dof is. Die ligstreep onder oor die foto is die ligbaan van 'n helder meteor wat tydens die opname oor die sterreveld beweeg het. (Foto: Sacramento Peak-sterrewag)*

vasgestel dat dit 'n nuwe komeet was, wat toe die naam "komeet Ikeya" gekry het.

Vir die 19-jarige Kaoru was dit soos 'n droom wat waar geword het. Hy het egter nie op sy louere gaan rus nie. Hy het sy soektog na komete voortgesit en in 1964 'n tweede ontdek. En toe volg sy belangrikste ontdekking, die komeet Ikeya-Seki, in September 1965.

Aanvanklik was daar niks opvallends omtrent dié komeet nie, maar toe die baan bereken word, is voorspel dat hy op 21 Oktober 1965 sy perihelion sou bereik, en dat hy tot die uitsonderlike klas van sonskramkomete behoort. Trouens party mense het voorspel dat die komeet met die son sou bots, wat natuurlik die komeet se einde sou meebring. Gelukkig het Ikeya-Seki op 'n afstand van 480 000 km bokant die son se oppervlak verby getrek teen 'n spoed van sowat 'n miljoen km per uur.

Later het dit geblyk dat die baan van komeet Ikeya-Seki baie ooreenkom met dié van die sonskramkomeet 1882 II, en dat daar net soos in laasgenoemde se geval kleiner stukke daarvan weggebreek het.

Die komeet was baie helder toe hy so naby aan die son geleë was, maar is natuurlik heeltemal in die skadu gestel deur die sonskyn self. Hoe verder die komeet van die son af weg getrek het, hoe meer indrukwekkend het dit geword om te aanskou. 'n Week ná perihelion was die stert sigbaar oor 'n boog van 45° aan die hemel, en die werklike lengte daarvan was omtrent 200 miljoen km. Hierna het die komeet vinnig dowwer en die stert al korter geword, totdat dit vroeg in 1966 heeltemal verdwyn het. Die nukleus van komeet Ikeya-Seki het kort ná perihelion in minstens drie stukke opgebreek wat moontlik oor 800 of 900 jaar as afsonderlike komete na die son sal terugkeer (fig 21).

(g) Komeet Kohoutek (1973 XII)

Op 7 Maart 1973 het die Tseggiese sterrekundige, dr Lubos Kohoutek, werksaam by die Hamburgse sterrewag in Duitsland, sy tweede komeet binne 'n week ontdek. Dit was in daardie stadium net 'n dowwe vlekke op 'n fotografiese plaat van 'n deel van die sterrehemel. Ná 'n paar verdere waarnemings is die baan bereken en het dit geblyk dat die komeet nog byna 700 miljoen km vanaf die son was, effens nader as die planeet Jupiter.

Die aanduidings was verder dat die komeet in 'n baie langwerpige baan

vanuit die dieptes van die ruimte op pad was, en dat hy sy perihelion $9\frac{1}{2}$ maande later op 'n afstand van ongeveer 15 miljoen km van die son af sou bereik. Die kans was dus goed dat Kohoutek se komeet een van die grotes van die eeu sou word.

Op grond van sekere voorspellings, het die media oor die wêreld heen 'n komeetkoors aan die gang gesit. Afgesien van die verkoop van Kohoutek-hempies, het reisgeselskappe komeettoere per skip en vliegtuig beplan na plekke van waar die komeet onbelemmerd gesien sou kon word. Die komeet sou perihelion op 28 Desember 1973 bereik, en veral daarna sou hy in al sy glorie aan die aandhemel bewonder kon word. Vir diegene wat "die skouspel van die eeu" verwag het, sou daar 'n groot teleurstelling wees. Komeet Kohoutek het nooit helder genoeg geword om enigsins indrukwekkend te wees nie, behalwe vir die bemanning van die Amerikaanse ruimtestasie, Skylab, wat tekeninge daarvan gemaak het.

Vir wetenskaplikes was dit eintlik 'n groot sukses. Hulle kon betyds beplan om die komeet van die grond af waar te neem, asook vanuit die ruimtetuie Mariner 10 en Skylab. Geïoniseerde waterstofmolekules is vir die eerste keer in hierdie komeet gevind, benewens enkele verbindings van koolstof, waterstof, stikstof, suurstof en swawel. Nege metale, waarvan yster een was, is ook daarin gevind.

(h) Bennett se komeet (1970 II)

Professionele sterrekundiges kan onmoontlik elke oomblik van die nag die hele sterreheem dophou. Daarom gebeur dit so dikwels dat onverwagse verskynings aan die hemel deur amateurs vir die eerste maal raakgesien word. So het dit gebeur dat mnr JC Bennett van Pretoria, veteraan-komeetsoeker, op 28 Desember 1969 'n dowwe vlekke aan die ver suidelike hemel ontdek het (fig 22). Niemand het verwag dat hierdie stadig bewegende kolletjie binne sowat drie maande sou ontwikkel tot een van die helderste komete van die eeu nie, met die gevolg dat mense dit sou vergelyk met Donati se komeet van 1858 en met Halley s'n van 1910.

Gedurende Maart en April 1970 is Bennett se komeet deur sterrekundiges van oor die hele wêreld gefotografeer en daar is daarna verwys as "die groot komeet van 1970" (fig 23 en 24).

Dié komeet het sy perihelion op 20 Maart 1970 bereik en was in daardie stadium op 'n afstand van ongeveer 81 miljoen km van die aarde af. Veral

Comet Bennett. 28/12/69
1969 (C)

19 35 00 U.T.
3.3⁹⁰ 1970
1/4 1/4 m 1/4 4 m
1055 (11.3)
1950 { -65° 50' -55° 43.7
-65° 50' -57° 50'

$\pm 8\frac{1}{2}$ mag
Small, diffuse. JB

TELEPHONED:

Dr. T. 10 p.m. No reply.
Republic Stn. 10.15 approx
Oblivion 10.20 (approx.)
Radclyffe 10.25 (approx.)
Dr. F. sent text details
& said that Dr. Thackeray
would be home after
11 p.m.
11.30 - Dr. T. rang &
advised me to send
telegram to S.A.O.
11.50 - Rang Phonogram.

Comparison star for magnitude:
SAO 248377 (M4/172 P.666) = 8.5. JB

Found after about 15 minutes' sweep.
Altitude $41^{\circ} 8'$ at discovery. (AZ $202^{\circ} 09'$)
Approx. 65° from the sun.
Sidereal time: 03h 56m.
3-93+

TE. 14
TRUNK CALLS AND PHONOGRAMS.
HOOFLYNPROEPE EN FONOGRAMME.

Tel. No.

704 895
DES
28 F

CAMBRIDGE

6.14 1/2

Cable sent at 11.50 p.m.
on 28/12/1969: -

SMITHSONIAN ASTROPHYSICAL
OBSERVATORY CAMBRIDGE
MASS. U.S.A.

DECEMBER TWENTYEIGHT
COMET MAGNITUDE
EIGHT POINT FIVE
ONE HOUR THREE POINT
THREE MINUTES SOUTH
DECLINATION SIXTYFIVE
DEGREES FIFTY MINUTES
AT 1935 U.T.
SUSPECTED SLOW MOVEMENT
SUNWARDS.

J.C. BENNETT
PRETORIA.

JB

Confirmed by airmail
letter to Dr. Marsden
on 29/12/1969. JB

6.14 1/2 *

Total/Totaal

For Code Key see reverse side.
Vir Kodeleutel kyk keersy.

treffend was besonderhede in die kop en in die stert van Bennett se komeet, wat te voorskyn gekom het toe dit met kragtige teleskope afgeneem is. Die komeet het soos alle ander komete dowwer geword namate hy verder van die son af beweeg het, en is vir die laaste keer waargeneem op 27 Februarie 1971 toe hy ongeveer 750 miljoen km van die son af was.

Op 1 en 3 April 1970 is daar deur middel van die Amerikaanse satelliet OGO-5 ontdek dat die komeet se kop 'n reuse-omhulsel van waterstofgas gehad het met 'n deursnee van 13 miljoen km. Hierdie verskynsel kon net van buite die atmosfeer waargeneem word. Hoe 'n komeetkern van enkele kilometer in deursnee so 'n reuse-omhulsel van waterstof kan voortbring en met hom kan saamvoer is moeilik om te verklaar. Waarnemings wat by talle sterrewagte oor die wêreld van Bennett se komeet gemaak is, dui daarop dat hy 'n elliptiese baan om die son volg, en oor ongeveer 1 700 jaar weer sal terugkeer. Intussen gaan dié komeet meer as 8 keer so ver van die son draai as Halley se komeet. Vir ons lyk hierdie periode van Bennett se komeet lank, maar onder die helder komete word dit geklassifiseer as een van die kortere periodes.

◁ **FIG 22:** Hierdie twee bladsye uit die notaboek van mnr J.C. Bennett van Pretoria beskryf wat gebeur wanneer 'n sterrekundige 'n nuwe komeet ontdek. Op 28 Desember 1969, omstreeks 21h35, het hy 'n klein diffuse voorwerp aan die ver suidelike hemel raakgesien. Hy het geskat dat dit van 'n 8,5 m-stergrootte is, ongeveer sewe keer dowwer as die dofste ster wat 'n mens met die blote oog kan sien. Ongeveer tienuur die aand het hy begin telefoneer na ander sterrewagte in die land. Eers het hy dr Thackeray se huis by die Radcliffe-sterrewag, wat destyds op Klapperkop buite Pretoria was, geskakel. Daar was geen antwoord nie. By die Republiek-sterrewag in Johannesburg kon hy ook geen antwoord kry nie, en ook nie by die satellietstasie by Olifantsfontein nie. Om ongeveer 22h25 het hy die besonderhede van sy nuwe ontdekking telefonies aan dr Feast, destyds hoofassistent, verstrekkend en verneem dat dr T(hackeray), die hoof, na 23h00 tuis so wees. Dr Thackeray het mnr Bennett om 23h30 teruggeskakel en mnr Bennett aangeraai om 'n telegram oor sy ontdekking aan die Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) in die VSA te stuur. Regs kan die telegram gesien word wat mnr Bennett dieselfde nag om 23h50 gestuur het, met gegewens oor die helderheid en die posisie van die voorwerp, en dat hy vermoed dat dit stadig in die rigting van die son beweeg. Links onder het hy aangeteken dat hy die voorwerp gevind het na 'n soektog van ongeveer 15 minute. Mnr Bennett het bereken dat die totale tyd wat hy in 1966-68 by sy teleskoop op soek na komete deurgebring het, 333 uur beloop het!



FIG 23: 'n Indrukwekkende foto van komeet Bennett (1970 II), geneem op 16 Maart 1970 vanaf die Cerro Tololo-sterrewag in Suid-Amerika. Ten einde die dowwer gedeeltes van die stert af te beeld, is die koma en 'n deel van die stert heeltemal fotografies oorbelig. Dit lyk asof die gas- en stofstert heeltemal fotografies oorbelig. Dit lyk asof die gas- en stofstert heeltemal verstrengel is. Die "skerp" beeld aan die bokant en die effense diffuse onderkant laat 'n mens dink dat die gasstert meer na bo en die stofstert meer na onder lê.

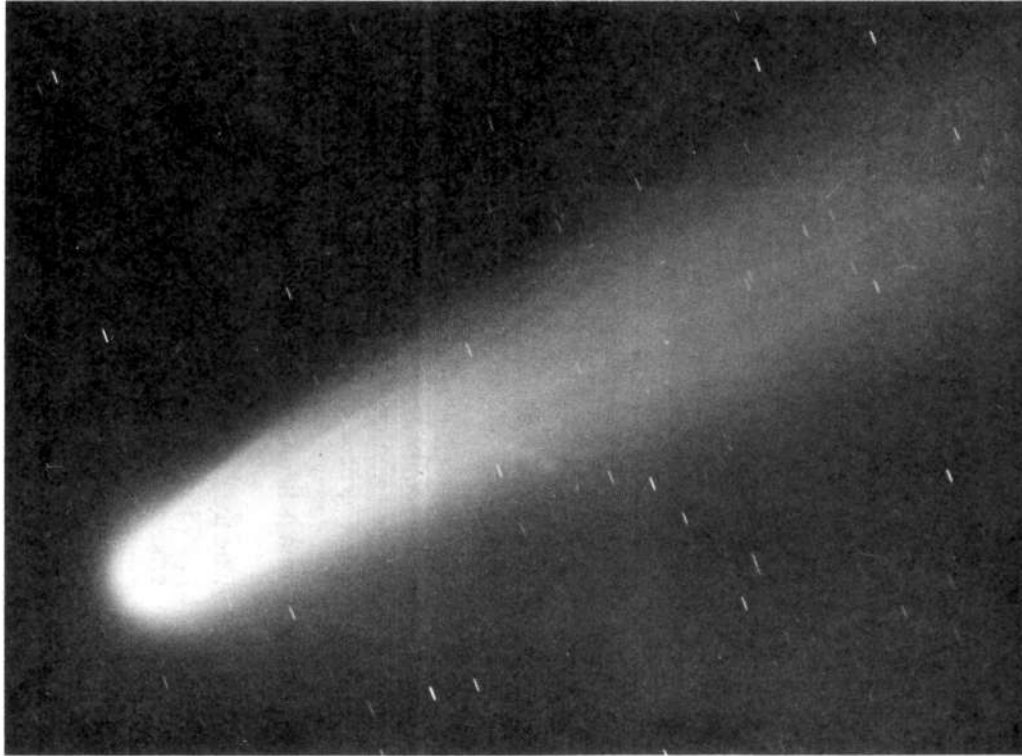


FIG 24: Met 'n beligting wat tien minute geduur het, het die Rus N.M. Bronnikova op 7 April 1970 komeet Bennett (1970 II) by die Pulkova-sterrewag in Rusland afgeneem. Die koma is oorbelig, maar juis daarom het die besonderhede in die dowwer dele van die stert duidelik tevoorskyn gekom. Die reguit strepe van die gasstert is duidelik binne die diffuse stofstert sigbaar. Omdat die komeet van regs na links beweeg het, is die beeld skerper aan die linkerkant.

HOOFSTUK NEGE

Wat kan ons van Halley se komeet in 1986 verwag?

Sterrekundiges het reeds in die verlede die bal ver misgeslaan wanneer hulle dit gewaag het om die helderheid van komete vooruit te voorspel. Ons het dit gesien in die geval van komeet Kohoutek (1973 XII), wat op 'n groot teleurstelling uitgeloop het. Dit gebeur ook dat komete ons verras deur helderder te vertoon as wat verwag word, soos gebeur het in komeet West se geval in 1976. Sulke gevalle maak kenners deesdae uiters versigtig.

Hoewel voorspellers tot vandag toe nie almal saamstem nie, is hulle dit almal eens dat Halley se komeet in 1986 glad nie so indrukwekkend gaan vertoon soos in 1910 nie. Teenoor enkele voorspellers wat 'n baie donker prentjie in hierdie verband voorhou, is daar ander wat sê dat die komeet nie so 'n swak vertoning gaan lewer nie; trouens hulle kan beskryf word as “versigtig optimisties”.

Van die belangrikste omstandighede wat die vertoning van Halley se komeet in 1985/6 gaan beïnvloed, is:

a) sy afstand van die son. Hoe nader hy aan die son is, hoe vinniger kook die gasse en stofdeeltjies van sy kern se oppervlak weg, hoe groter is sy

koma en hoe langer sy stert, hoe meer sonlig word gereflekteer, en dus hoe meer “vuurwerk” kan verwag word.

b) sy afstand van die aarde. Hoe nader ons op 'n gegewe oomblik aan die komeet is, hoe indrukwekkender sal hy vertoon.

c) die agtergrond waarteen ons na die komeet kyk. Indien die komeet aan die naghemel, ver van die son, geplaas is, sal die agtergrond gunstig vir 'n indrukwekkende vertoning wees.

d) die stand van die maan. Met volmaan is daar soveel lig dwarsdeur die nag dat die komeet nie tot sy reg sal kan kom nie. Die beste tye om na die komeet te kyk sal wees tydens en om nuwemaan.

Dit is nou moontlik om al vier die omstandighede wat hierbo genoem is vir elkeen van die dae van komeet Halley se aanstaande besoek haarfyn vooraf te bereken. Daar is 'n mate van onsekerheid oor die intensiteit van die son se bestraling van die komeet se kern. Benewens die gewone sonstrale – wat deurentyd nogal redelik konstant bly – is daar van tyd tot tyd uitbarstings op dele van die son wat strome van hoë-spoed gelaaide gasdeeltjies uitstuur in sekere rigtings in die ruimte, naamlik die sogenoemde “sonwind”. Tref dié “wind” 'n komeetkern, kan dit 'n onverwagte opflikkering veroorsaak.

Die vlak waarin komeet Halley sy baan om die son deurloop maak 'n hoek van 162° (of 18°) met die aarde se baanvlak. Soos ons in hoofstuk 4 gesien het, sal die komeet vir byna vier maande van sy periode van 76 jaar – dit wil sê vanaf November 1985 tot in Maart 1986 – bokant of aan die noordekant van die aarde se baan wees. Vóór die tyd en daarná bevind hy hom aan die suidekant – ons kant – van die aarde se baanvlak.

Wanneer die komeet sy perihelion op 9 Februarie 1986 bereik en dus sy intense bestraling van die son sal kry, sal die aarde omtrent net mooi aan die teenoorgestelde kant van die son sit. In so 'n posisie is toestande baie ongunstig, en daarom het mense voorspel dat die komeet hierdie keer so swak sal vertoon. (In 1910 was die aarde en die komeet aan dieselfde kant van die son toe die komeet naby sy perihelion was, en dit was baie gunstiger.)

Omrede die komeet en die aarde in teenoorgestelde rigtings om die son beweeg, gebeur dit twee maal dat ons redelik naby aan mekaar verbybeweeg, al is die komeet nie tydens een van die twee geleenthede op sy helderste nie.

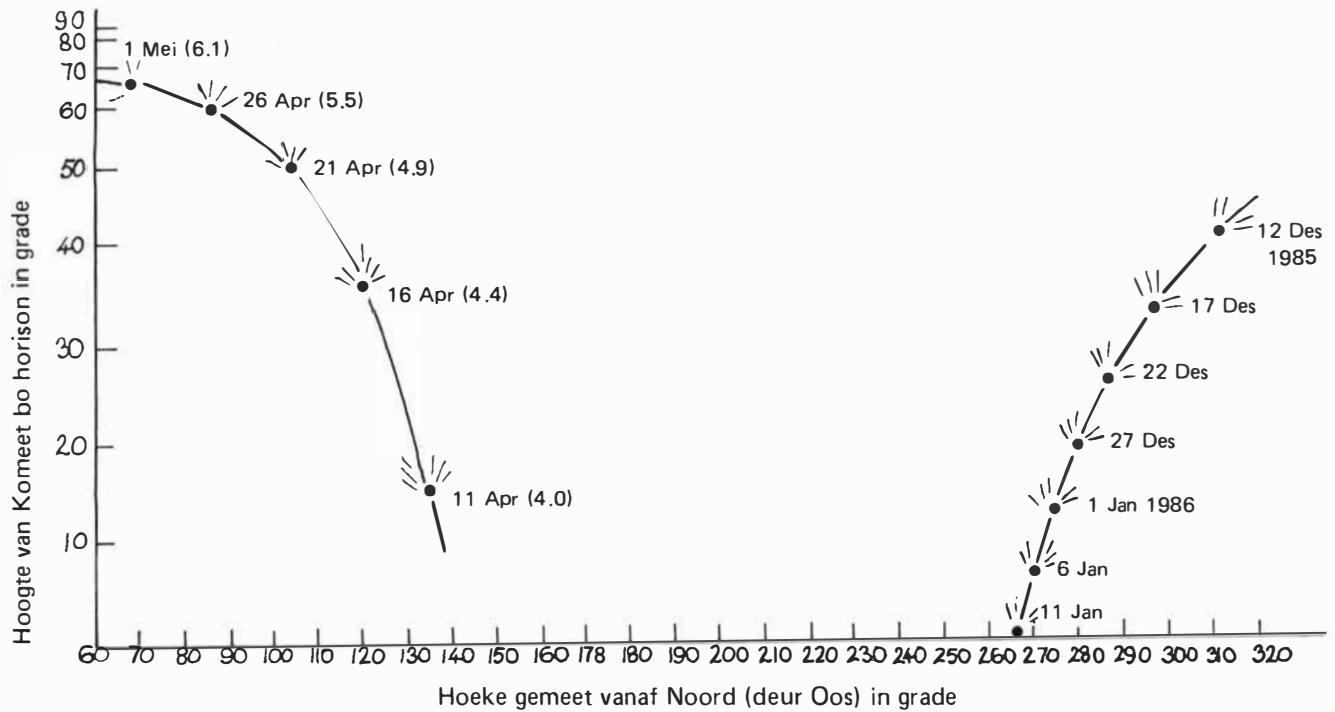


FIG 25: Hoogtehoeke van Halley se komeet in die aandsekmer tussen 12 Desember 1985 en 11 Januarie 1986 (dan sak dit onder die horizon weg) en 11 April en 1 Mei 1986.

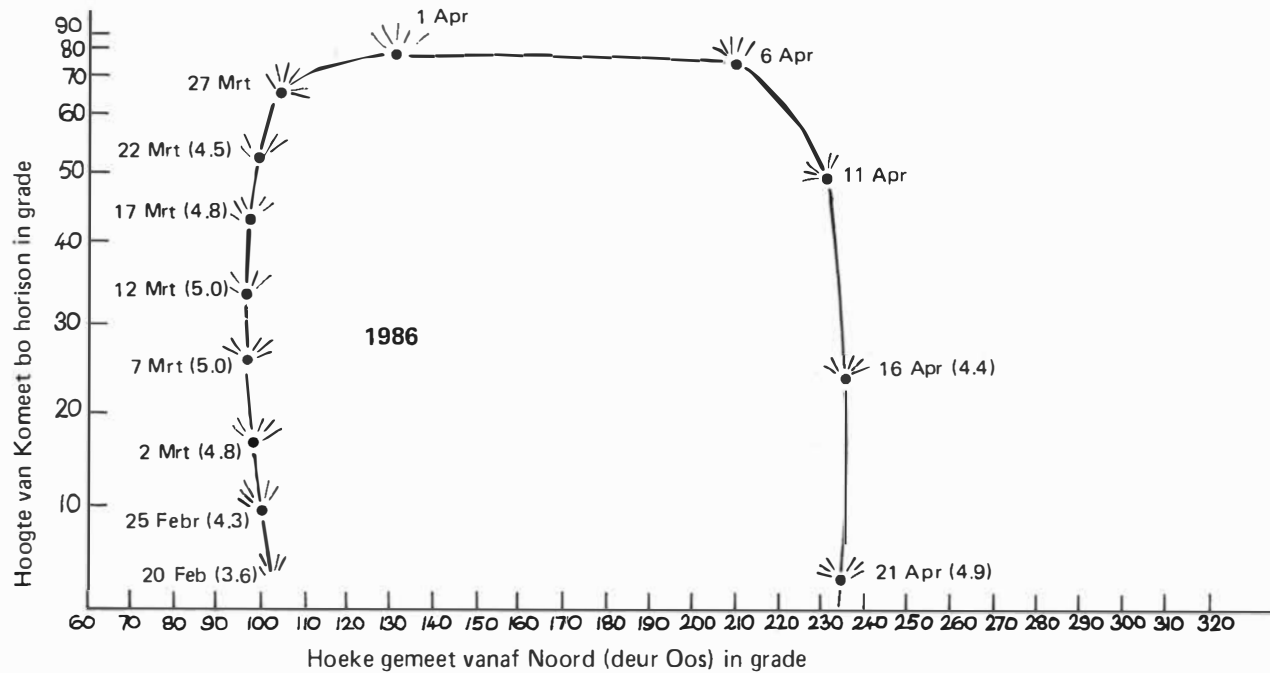


FIG 26: Hoogtehoeke van Halley se komeet in die môreskemer tussen 20 Februarie en 21 April 1986. Hiervolgens kan afgelei word dat die komeet in die eerste week van April baie hoog bokant die horison sal "hang".

Op 27 November 1985 beweeg die twee liggame vir die eerste keer by mekaar verby. Dit is $2\frac{1}{2}$ maande vóór perihelion, en dan is die komeet ongeveer 90 miljoen km van die aarde af. Op 11 April 1986 gaan hulle weer bymekaar verby. Dis hierdie keer egter net ongeveer twee maande ná perihelion, en die afstand is nou sowat 60 miljoen km. As gevolg van dié syfers is dit duidelik dat die kanse vir 'n mooi vertoning in April 1986 heelwat gunstiger is as aan die einde van November 1985. Boonop sal die komeet in April reeds weer suid van die aarde se baanvlak wees, en dus gunstiger geplaas vir ons wat in die suidelike halfrond woon (plaat 1 en figure 25 en 26).

Die Amerikaner, John E. Bortle, voorspel dat iemand vroeg in Desember 1985 die eerste persoon sal wees wat ná 'n driekwart eeu weer Halley se komeet met die blote oog sal sien. Waarskynlik sal dit iemand in die meer gunstige noordelike halfrond wees. Die komeet sal aan die aandhemel sit, in die beeld Pisces (die Visse). Aan die einde van die maand sal 'n mens met 'n verkyker 'n kort stert aan die komeet kan sien.

Op 13 Januarie 1986 sal die komeet in die sterrebeeld Akwarius sit, nie ver van die planeet Jupiter en die sekelmaan af nie. Bortle voorspel dat teen hierdie tyd die komeet, naas sy stert van gasdeeltjies, ook 'n stert van stofdeeltjies sal begin toon (fig 40).

Vir die grootste deel van Februarie sal die komeet onsigbaar wees omdat hy agter die son geplaas sal wees. In die werklikheid sal hy dan sy maksimum helderheid bereik. As die komeet aan die einde van die maand te voorskyn kom aan die oggendhemel sal die kop aansienlik helderder wees as tevore, en die stert sal 'n lengte van 8° tot 10° hê.

Teen die middel van Maart, wanneer die aarde en die komeet mekaar vinnig nader, sal laasgenoemde in die sterrebeeld Sagittarius sit, en sy stert sal nou oor 20° of later dalk oor 30° strek.

Vir ons in die suidelike halfrond bereik Halley se komeet sy indrukwekkendste vertoning aan die einde van die eerste week in April, sodra die maanlig nie meer pla nie. Gesien teen die agtergrond van 'n donker hemel, sal die koma 'n deursnee van ongeveer die helfte van dié van die volmaan hê. Naas die lang reguit gasstert, sal die stert van stofdeeltjies 'n mooi boog vorm wat oor 20° of meer aan die hemel sal strek. Op 11 April 1986 wanneer aarde en komeet mekaar vir die tweede keer verbygaan, sal daar nog iets skouspelag-

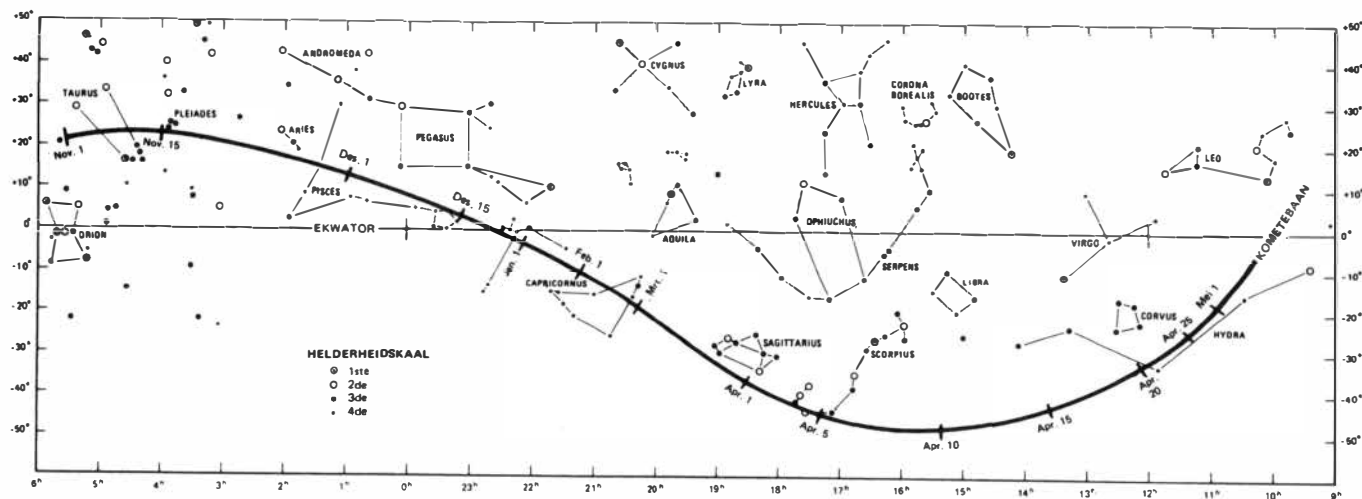


FIG 40: Hier word die baan van Halley se komeet tussen die sterre deur voorgestel van November 1985 tot Mei 1986. Om die komeet makliker te kan posisioneer, is verskeie sterkonstellasies (bv Orion en die Skerpioen) aangedui. Die helderheidskaal links onder dui die helderheid van spesifieke sterre aan. Tussen 15 Desember 1985 en 1 Januarie 1986 sal die komeet die ewkator oorsteek en die suidelike halfgrond binnekom tot so ver suid as breedtegraad 50. In Maart, maar veral vroeg in April, sal die komeet die grootste deel van die nag sigbaar wees. Op 5 April, byvoorbeeld, sal die komeet in die konstellasie Skerpioen te sien wees.

tigs plaasvind wanneer die stert van stofdeeltjies geleidelik van rigting verander.

Hierná sal die komeet dowwer word en teen die einde van Mei sal dit nie meer met die blote oog sigbaar wees nie. Ongetwyfeld sal sterrekundiges met hulle teleskope die komeet nog heelwat langer probeer volg, onder andere om sy baan so noukeurig moontlik te bepaal met die oog op sy volgende terugkeer in 2061/2.

Die geesdriftige sterrekyker kan dus reeds gedurende die eerste helfte van Desember 1985 Halley se komeet ná donker probeer soek in die noordelike sterrebeeld Pisces. Dit sal nog baie dof wees, en 'n verkyker of teleskoop sal nodig wees. Probeer om die komeet op die aand van 13 Januarie 1986 op te spoor. Hy sal dan laag aan die westelike hemel in die sterrebeeld Akwarius naby die planeet Jupiter en die sekelmaan wees.

Die komeet sal nog helderder en ook goed geplaas wees teen die middel van Maart 1986 wanneer hy hoog aan die oggendhemel in Sagittarius in die Melkweg gesien sal word. Die komeet sal op sy indrukwekkendste wees teen 9 April, wanneer hy voor ligdag hoog aan die oggendhemel sal sit.

Welke plekke is geskik vir komeetwaarneming? Dit moet natuurlik klare hemel wees, sonder mis of wolke, weg van kunsmatige lig af en tydens donkermaan. 'n Plek weg van dorps- of stadsligte, êrens op 'n plaas in die Karoo, op die Hoëveld, of in Suidwes, sal die beste uitsig bied.

Daar word 'n wêreldwye poging aangewend om Halley se komeet tydens sy verbyvlug deeglik waar te neem. Die drie verskillende sendings wat op pad is om die komeet van naby te gaan beskou, is die ruimtetuig Giotto van die Europese Ruimte-agentskap, die Japanners se "Planeet A", en die Russe se twee Vegas.

Giotto is afgevuur vanaf Kourou in Frans-Guiana, wat naby aan die ewenaar geleë is. Hierdie plek is gekies omdat die aarde se draaibeweging om sy poolas plekke op en in die omgewing van die ewenaar die maksimum spoed gee, ongeveer 1 600 km/h. Met hierdie hupstoot van die aarde se draaibeweging het die ruimtetuig minder brandstof nodig om in sy baan om die aarde te kom, dit staan bekend as sy sogenoemde "parkeerbaan". Op die regte oomblik is sy motore weer aangeskakel en het die spoed toegeneem van 1,4 tot 1,6 km/s. Dit het hom in die regte baan geplaas vir sy ontmoeting met die komeet op 13 Maart 1986, wanneer hy op 'n afstand van ongeveer

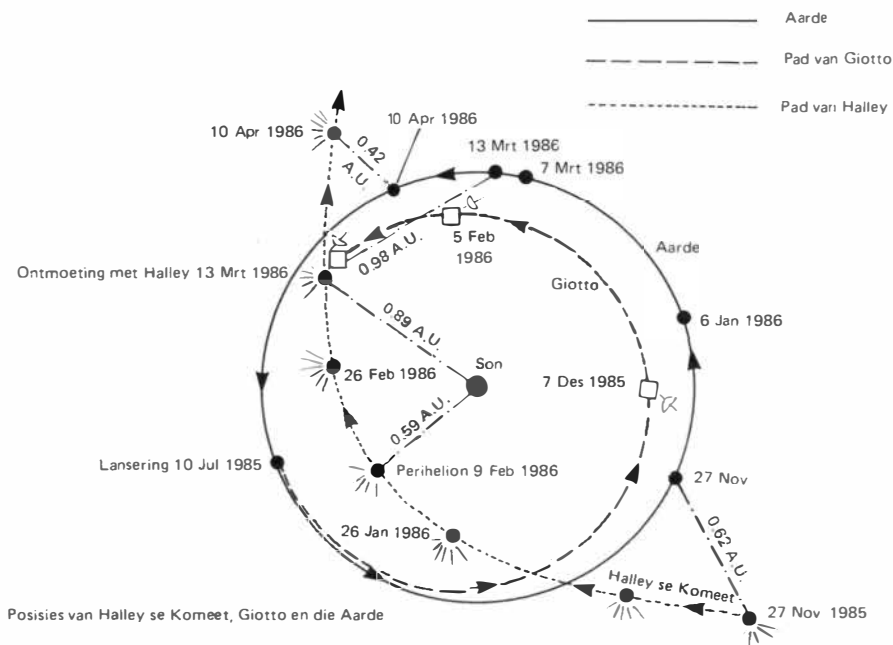


FIG 41: Die wentelbaan van die satelliet Giotto word hier relatief tot dié van die aarde en dié van Halley se komeet uitgebeeld vir die tydperk vanaf sy lansering tot sy ontmoeting met die komeet op 13 Maart 1986, wanneer satelliet en komeet ongeveer 500 km van mekaar af verby sal beweeg.

500 km daarvandaan sal verbyvlieg (plaat 9). Giotto dra onder andere 'n aantal kameras wat die komeet-onderdele in kleur sal afneem, waarna die foto's dan na die aarde oorgesein sal word. Daar sal ook 'n poging aangewend word om die afmetings van die komeetkern te bepaal.

Verder is daar apparaat op die tuig wat die chemiese samestelling van die gas- en stofdeeltjies in die koma en stert van die komeet sal bepaal, en wat sal probeer vasstel op watter wyse en hoe vinnig gas en stof om die kern ontstaan. Daar sal ook gepoog word om vas te stel hoe die gas- en stofdeeltjies van die komeet reageer met die son se straling van vaste deeltjies, naamlik die "sonwind". Meer as 10 eksperimente word deur Giotto uitgevoer, en die wetenskaplikes wat saamwerk is afkomstig van Wes-Duitsland, Switserland, Brittanje, Frankryk en Ierland.

Om al die eksperimente aan die gang te hou is die krag van 'n 50-watt-lamp nodig. Heelwat meer krag word benodig om die resultate van al die waarnemings na die aarde terug te sein. Vir hierdie doel dra Giotto 'n indrukwekkende stel son-batterye rondom die tuig wat almal na die son gekeer is. Die seine word opgevang deur 'n groot radioteleskoop by Parkes in Australië. Die seine neem ongeveer 7 minute om die aarde te bereik.

Daar is 'n mate van kommer oor die moontlike beskadiging van die Giotto-tuig deur vaste deeltjies terwyl dit deur die koma van die komeet beweeg. Daar is 'n spesiale skild om dié deeltjies van die instrumente af weg te keer, en dit sal terselfdertyd ingespan word om hulle getal en grootte te meet.

Die Japanners se ruimtetuig wat komeet Halley van naderby gaan bekijk, heet "Planeet A". Dit sal die komeet bespied vanaf 'n afstand van sowat 1 00 000 km kort nadat laasgenoemde op 9 Februarie deur die perihelionpunt beweeg het, en wanneer die aktiwiteite om die kern 'n hoogtepunt bereik. Planeet A sal 'n reeks foto's van die komeet in ultraviolette lig neem. Die doel hiermee is veral om die waterstofwolk wat die koma omring beter te kan ondersoek, en byvoorbeeld vas te stel hoe dit groei en krimp.

Om die tyd vir die lansering van Planeet A te bepaal, moes die Japannese ruimtesentrum by Uchinoura, Kagoshima, eers seker maak dat vissersbote nie getref sou word in geval iets verkeerd loop met die lansering nie, en daar moes ook deeglik rekening gehou word met die moontlikheid van tifone in die gebied. Planeet A kom op 7 Maart 1986 op sy naaste aan die komeet, en saai die resultate van sy waarnemings uit na 'n radioteleskoop wat ongeveer 270 km vanaf Tokio geleë is.

Die Russe het twee van hulle sogenoemde "Venera-tipe"-ruimtetuie in Desember 1984 opgestuur om tussen 6 en 9 Maart 1986 naby Halley se komeet verby te beweeg. In die verlede het hulle die Veneras gebruik om die planeet Venus van naby te gaan ondersoek. Hierdie twee is nommers 17 en 18 in die Venera-reeks, maar hulle het die naam "Vega" soos volg gekry: "Ve" van Venus en "ga" van Halley. Soos gesien kan word, moes dit eintlik "Ve-ha" gewees het, maar die Russe het nie 'n "h" in hulle alfabet nie, daarom het hulle dit "Vega" gemaak. (Dis toevallig ook die naam van die helder ster in die noordelike sterrebeeld Lyra, die Harp. Sy stergrootte is 0^m,14 wat beteken dat dit meer as twee keer helderder is as 'n ster van die eerste grootte.)

Die Russe se twee Vegas is opgestuur met 'n dubbele doel, en dit is ook die rede waarom hulle reeds so vroeg weg is. Hulle het eers 'n draai gaan maak by die planeet Venus, waar hulle deel van hul vragte afgegooi het in Junie 1985 om die planeet se digte atmosfeer en onsigbare oppervlak te ondersoek. Deur onder andere op 'n baie slim manier gebruik te maak van die aantrekkingskrag van Venus is die twee Vega-tuie in bane geplaas wat hulle tussen 6 en 9 Maart 1986 respektiewelik tot op afstande van 10 000 km en 3 000 km respektiewelik van die komeet af sal bring.

Die twee Vegas sal ongeveer $3\frac{1}{2}$ uur tyd hê om deur middel van hul instrumente, wat soortgelyke funksies het as dié van Giotto, gegewens oor Halley se komeet in te samel.

Al drie die sendings, Giotto, Planeet A en die twee Vegas, sal teen relatiewe spoede van ongeveer 70 km/s by die komeet verbytrek.

Naas waarnemings in die ruimte en deels om hulle aan te vul, is daar 'n wêreldwye plan om Halley se komeet vanaf die aarde te bespied. Dit staan bekend as die IHW ("International Halley Watch"), en ongeveer 90 sterrewagte, naas talle individue, is hierby ingeskakel. Die sterrewagte is reg rondom die aardbol gekies, sodat die komeet deurentyd vanaf minstens een sterrewag waargeneem sal word. Daar is seker gemaak dat wanneer die komeet uit die sig van bepaalde sterrewagte agter die westelike horison verdwyn, daar sterrewagte verder wes geleë is wat die komeet weer bo hul oosterkim sal kan sien.

Die IHW is beplan omdat daar in 1910 te min sterrewagte was wat die komeet dopgehou het. Later het dit geblyk dat daar interessante veranderinge binne die koma en aan die stert plaasgevind het toe niemand gekyk het nie. Die meeste van die 90 sterrewagte van die IHW is geleë in die noordelike halfgrond, veral in Wes-Europa en in die VSA. Die belangrikste tyd om so 'n deurlopende rekord van die komeet se beweging te hê is natuurlik wanneer hy naby perihelion is, in Februarie 1986. Dan is die komeet agter die son. In Maart en April 1986 sal die komeet gunstiger geplaas wees vir sterrewagte in die suidelike halfgrond, en daar is betreklik min van hulle. Ons sterrewagte by Kaapstad en Sutherland, wat halfpad tussen die Australiese en die Suid-Amerikaanse teleskope geleë is, sal in hierdie opsig 'n baie belangrike rol vervul.

Byvoegsel 1

(a) DIE KEËLSNEË EN EKSENTRISITEIT

Die regte sirkelvormige keël (fig 27) word verkry deur in 'n vlak XY , 'n sirkel met middelpunt O te neem, en vanaf O 'n loodlyn OT op die vlak te trek. Die geboë oppervlak wat ontstaan as ons T met 'n oneindige aantal reguit lyne verbind met al die punte op die sirkel, heet 'n *regte sirkelvormige keël* (dikwels somer *keël* genoem). T is die *toppunt*, OT die *as*, en enige van die reguit lyne vanaf T na die punte op die sirkel is 'n *mantellyn*.

Vir die wiskundige bestaan die regte sirkelvormige keël nie net uit die deel tussen T en die vlak XY nie. In sy verbeelding sien hy die mantellyne na albei rigtings verleng, sodat die volledige keël 'n onbegrensde oppervlak is, bestaande uit die twee kop-aan-kop keëls wat by T aanmekaar geheg is (fig 28).

Die vier belangrike krommes wat ons in die sterrekunde teëkom – die sirkel, die ellips, die parabool en die hiperbool – kan almal verkry word deur verskillende snitte van die regte sirkelvormige keël te maak.

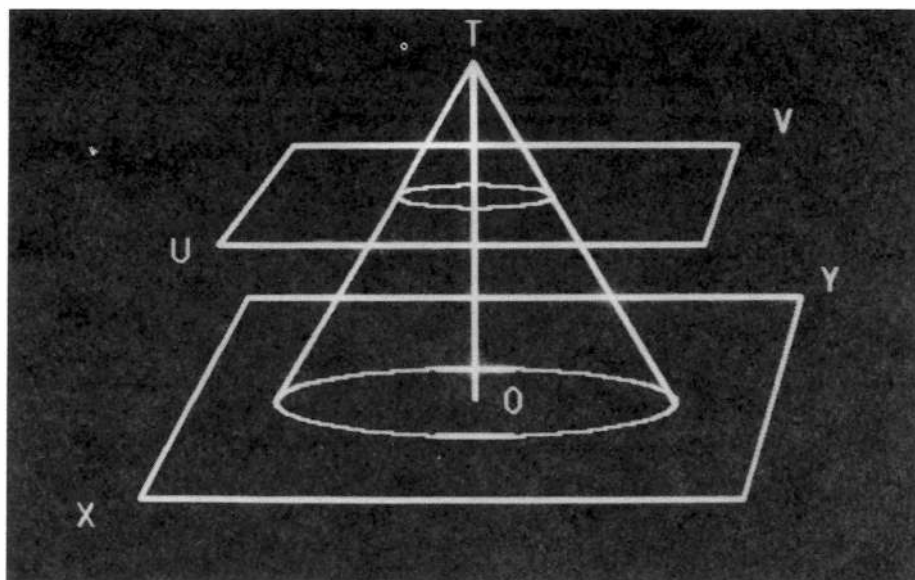


FIG 27

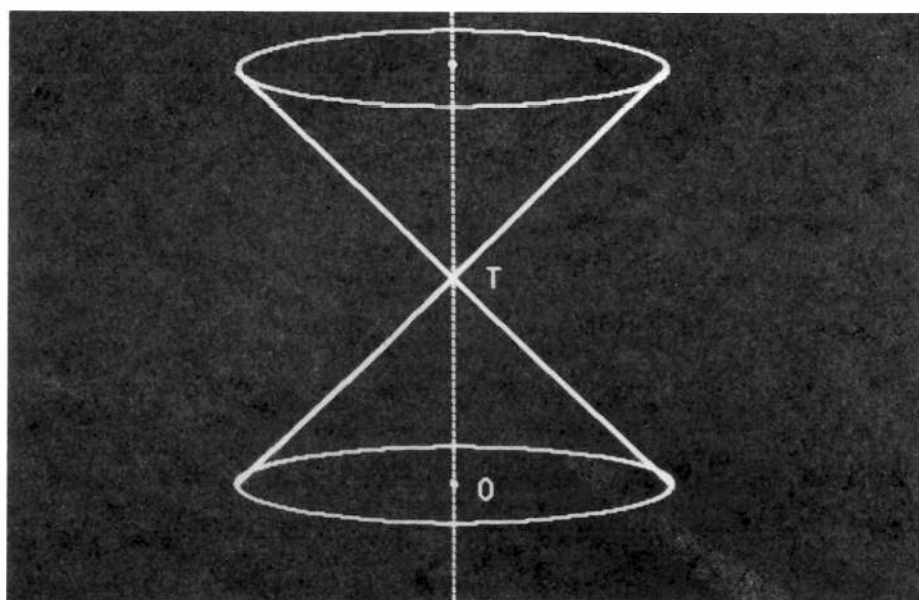


FIG 28

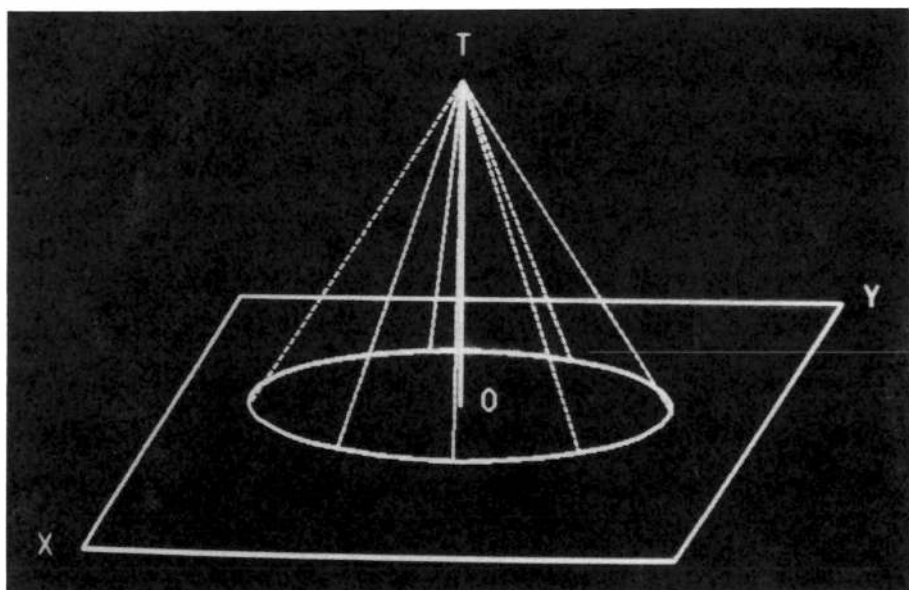


FIG 29

1. *Die sirkel* word verkry deur die snit met die vlak UV parallel te maak aan die vlak XY, of loodreg op die as TO (fig 29). Sirkelbane is moontlik in die sterrekunde en kom voor as spesiale gevalle.

2. *Die ellips* word verkry deur die snitvlak UV skuins te kies, dit wil sê nie loodreg op TO nie, maar dan ook nie te skuins nie. Die snit wat vlak UV met die keël maak moet 'n geslote kurwe wees. Let op dat, hoe nader die vlak UV parallel is aan XY, hoe nader is die snit aan 'n sirkel, dit wil sê hoe kleiner is sy eksentrisiteit. Hoe skuinser die snit, hoe langwerpiger die ellips, dit wil sê hoe groter is sy eksentrisiteit (fig 30).

Elke ellips het 'n langas (A'A in die figure) en 'n kortas (B'B in die figure). Hulle sny mekaar reghoekig in S (fig 31).

Daar is 'n baie belangrike punt op die groot-as, A'A, van 'n ellips, naamlik die sogenaamde *brandpunt*, F. As die ellips naby aan 'n sirkel is, lê F naby S, en as die ellips baie langwerpiger is, lê F naby A. Dis 'n geval van klein en groot eksentrisiteit van die ellips. Die grootte van die eksentrisiteit van 'n ellips, aangedui deur die simbool e , is numeries gelyk aan die verhouding van SF tot SA.

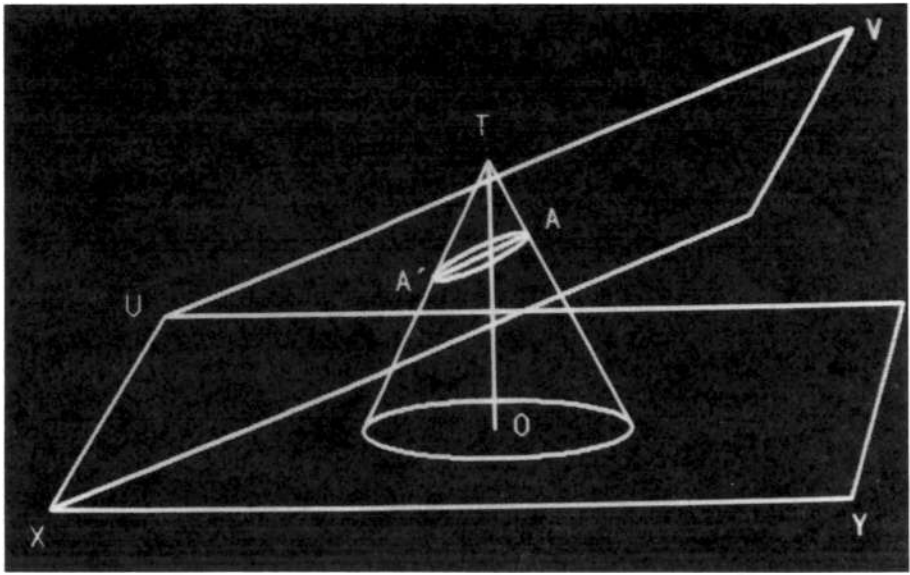


FIG 30

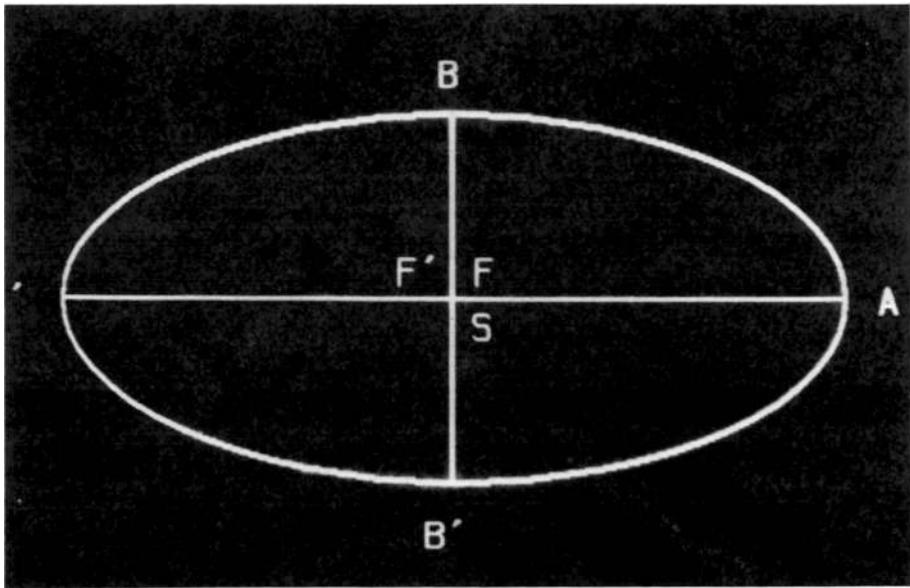


FIG 31

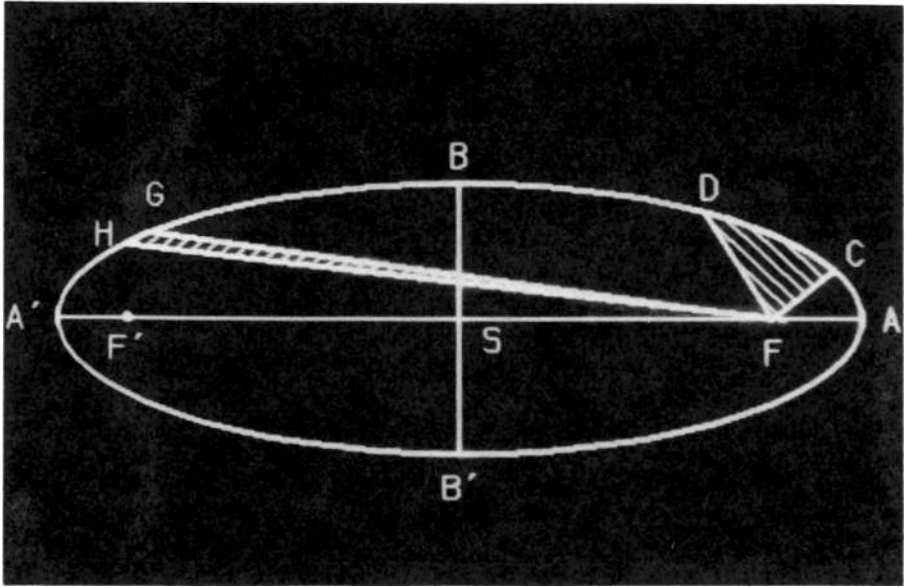


FIG 32

As die ellips die baan van 'n liggaam om die son voorstel, bevind die son hom nie by die middelpunt S nie, maar by die brandpunt F. Die ellips met die klein eksentrisiteit stel die baan van 'n planeet voor, en die ellips met die groot eksentrisiteit stel die baan van 'n komeet voor.

Kepler het 'n baie interessante eienskap van die baanbeweging van die planete ontdek. Dit word genoem die wet van die oppervlaktes (plaat 7). Hy het naamlik vasgestel dat, as die son by F geleë is en CD stel die deel van die baan voor wat die planeet in 'n sekere tydeenheid, sê 'n maand, aflê, dan is die oppervlakte wat die lyn tussen die son en die planeet in daardie tydeenheid bestryk oral in die baan dieselfde. Soos in die figuur (plaat 7) gesien kan word, beteken dit dat die planeet of komeet baie vinniger moet beweeg waar dit naby die perihelion (A) is as wanneer dit naby aphelion (A') is. In Byvoegsel 2 word 'n formule vir die spoed van Halley se komeet gegee wat hiermee ooreenstem.

3. *Die parabool* ontstaan as ons die snitvlak UV parallel neem aan een van die mantellyne van die keël, byvoorbeeld 'n vlak soos UV in die bygaande

figuur (fig 33). Die volledige parabool is nie net die gedeelte MAN nie. Die keël strek verder afwaarts, verby die sirkel met middelpunt O, en die mantellyne ook. Derhalwe strek die snit ook verder na onder. In die tweede figuur (fig 34) strek die volledige parabool oneindig ver na regs. A is die *toppunt* en AO is deel van die *as* van die parabool. Let op dat die parabool 'n oop kromme is. Hemelliggame wat langs paraboliese bane beweeg keer nooit weer terug nie, hulle het wel 'n perihelion, maar geen aphelionpunt op hul bane nie.

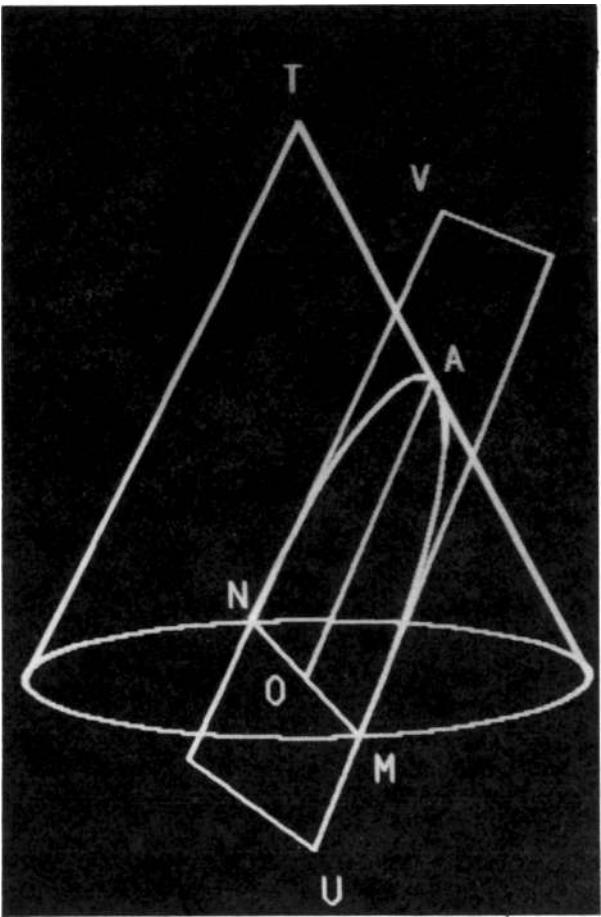


FIG 33

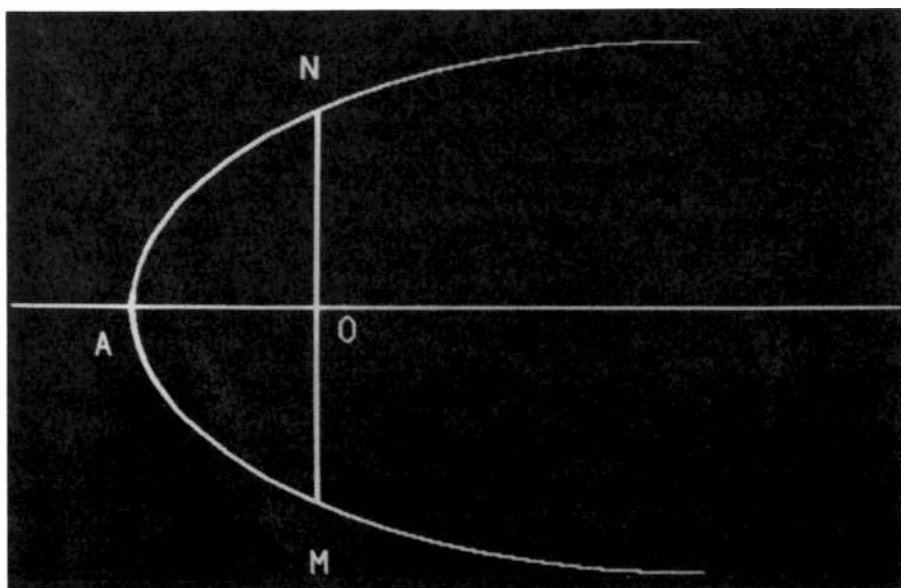


FIG 34

4. *Die hiperbool* ontstaan byvoorbeeld as ons die snitvlak parallel maak aan die as van die keël TO (fig 35). Weer is die snit MAN nie die hele hiperbool nie; ons moet daaraan dink as voortgesit tot in die oneindige. Met ander woorde die hiperbool is, nes die parabool, 'n oop kromme. Maar die hiperbool het 'n tweede tak wat 'n spieëlbeeld is van die eerste (fig 36). Dit ontstaan wanneer ons die hele snitvlak beskou en die deel van die keël wat bokant T lê. Ook in hierdie geval is dit duidelik dat 'n liggaam wat langs 'n hiperboliese baan aanhou beweeg, nooit weer terugkeer nie.

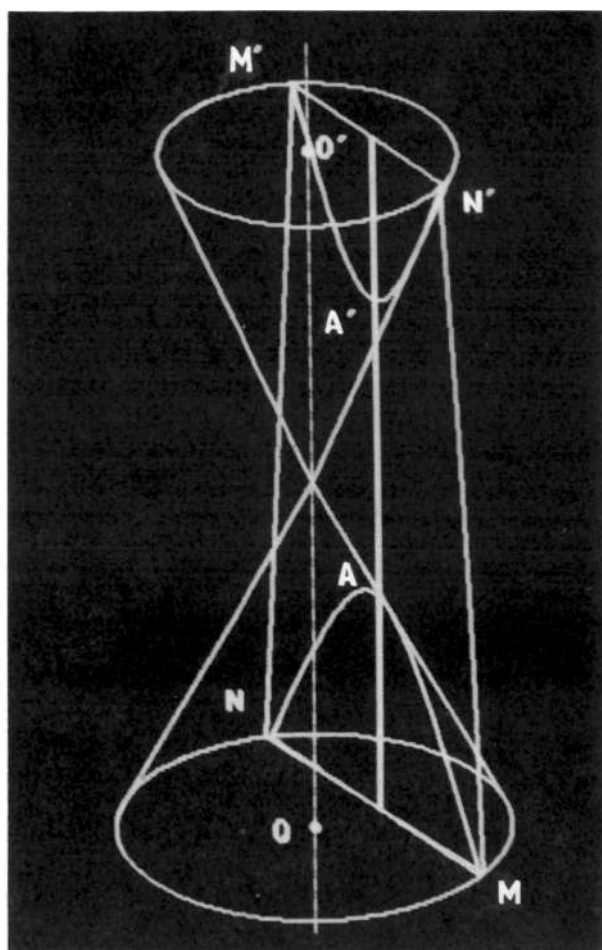


FIG 35

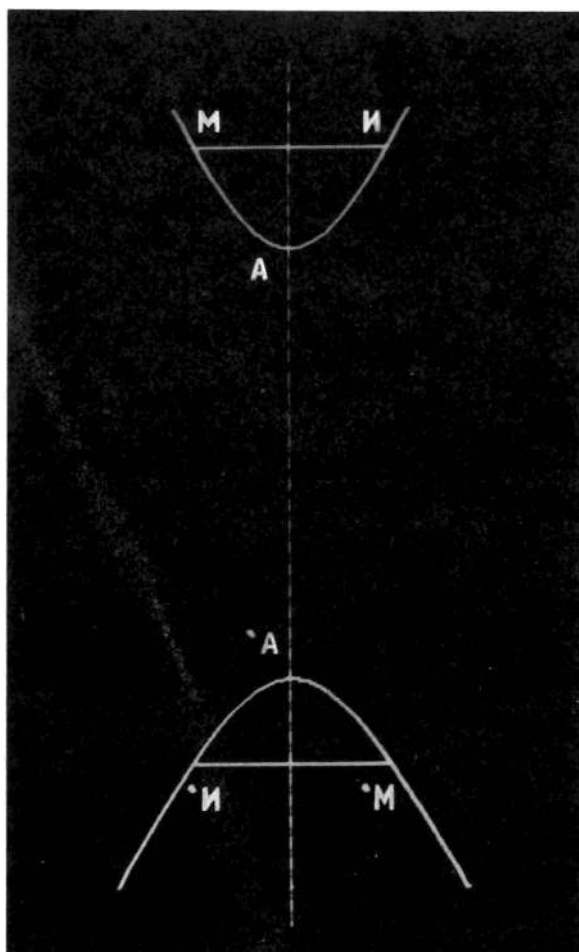


FIG 36

Opsommend het ons die volgende tabel:

TABEL 4 – KEËLSNEË EN HUL EKSENTRISITEITE (*e*)

SOORT KEËLSNEË	EKSENTRISITEITE (<i>e</i>)
Sirkel (geslote)	$e = 0$
Ellips (geslote)	$0 < e < 1$
Parabool (oop)	$e = 1$
Hiperbool (oop)	$e > 1$

(b) KEPLER SE DRIE WETTE VAN DIE PLANETE SE BEWEGINGS

Johann Kepler het met behulp van die waarnemings van Tycho Brahé van die posisies van planete altesaam drie wette vir die bewegings van planete ontdek. Hulle is:

Kepler I: Elke planeet beweeg in 'n elliptiese baan in 'n vlak deur die son, met die son by een van die brandpunte van die ellips.

Kepler II: Die oppervlakte wat die verbindingslyn tussen die son en die planeet bestryk per tydeenheid, is oral in die baan dieselfde. (Dis ook bekend as die Wet van oppervlaktes (sien plaat 7)).

Kepler III: As *a* die lengte van die halwe langas van die ellips is wat 'n planeet om die son beskrywe, en *P* is die periode wat dit neem om die baan te voltooi (omloop-periode of net periode), dan is die verhouding

$$\frac{a^3}{P^2}$$

dieselfde vir al die planete.

Ons het hierbo onder (a) verwys na die eerste twee wette van Kepler. Hulle geld vir elke planeet afsonderlik en Kepler het hulle redelik gou gevind. Hy het taamlik lank geworstel om sy derde wet te ontdek. Hy was oortuig dat daar 'n verband moes bestaan tussen die bewegings van al die planete en het eers probeer om dit op te spoor deur gebruik te maak van die reëlmatige

ruimteliggame. Toe hy uiteindelik sy derde wet ontdek het, was hy baie trots, en hy het dit by wyse van 'n anagram aan sy wetenskaplike korrespondente bekend gemaak.

Toe Newton sy *Principia Mathematica* ongeveer 60 jaar later geskrywe het, het hy daarin geslaag om al drie Kepler se Wette te bevestig as voortkomend uit sy universele wet van aantrekking, naamlik dat die aantrekkingskrag tussen enige twee massas M en m , wat op 'n afstand r van mekaar is, gegee word deur die formule

$$G \frac{Mm}{r^2}$$

waar G 'n universele konstante is, waarvan die numeriese waarde net afhang van die eenhede waarin M , m en r gemeet word.

Hy het ook afgelei dat daar 'n klein korreksie aangebring moet word aan Kepler se derde wet. Dit moet eintlik wees dat vir enige planeet met massa m geld

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2} (M + m)$$

waar G weer dieselfde konstante as hierbo is, π sy gewone betekenis het, en M die massa van die son is. Omdat die planete nie almal dieselfde massa, m , het nie, is die regterkant nie heeltemal dieselfde vir alle planete nie. Maar omdat die massa van die son, M , soveel groter is as dié van die planete, byvoorbeeld 331 000 keer dié van die aarde, het die verskil in massa van die planete maar net 'n baie geringe invloed op die regterkant van die vergelyking. Kepler sou dit nooit kon agtergekom het nie, en vir die meeste berekenings wat tot bewegings in bane om die son beperk is, kan die klein verskille ook maar verontagsaam word.

Byvoegsel 2

DIE ELEMENTE VAN 'N BAAN EN IETS OOR DIE BAANSNELHEID VAN HALLEY SE KOMEET

Die presiese grootte en vorm van die baan van 'n hemelliggaam, sowel as sy ligging in die ruimte, word vir sterrekundiges deur ses *baan-elemente* gegee. As hulle oor die waardes van hierdie ses beskik, is hulle in staat om die posisies van die liggaam aan die sterrehemel vooruit te bereken. Die resultaat van sulke berekenings lewer wat genoem word die *efemeris* van die liggaam. Dis veral belangrik in die geval van 'n dowwe liggaam, wat maklik verlore kan raak onder die duisende sterre as daar nie 'n redelik noukeurige efemeris vir hom beskikbaar is nie, en ons nie seker is waar presies om hom te gaan soek nie.

Om prakties byvoorbeeld die ses baan-elemente van 'n komeet te bepaal, is dit nodig om minstens drie noukeurige waarnemings van sy posisie aan die sterrehemel tot jou beskikking te hê. Namate verdere waarnemings beskikbaar word, is dit moontlik om die baan-elemente nog meer noukeurig te bepaal en die efemeris steeds meer presies te maak.

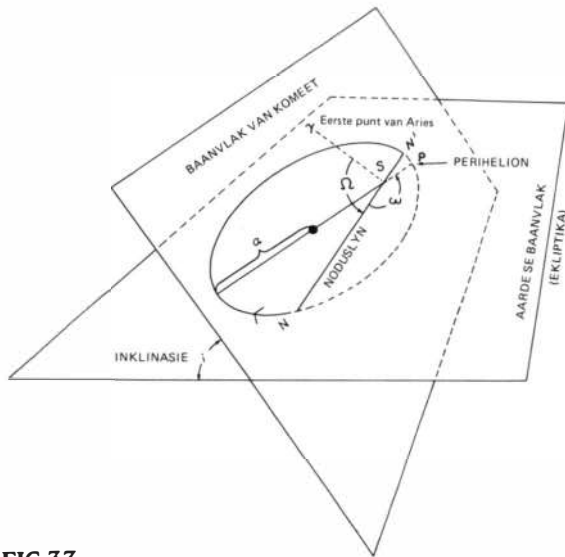


FIG 37

'n Grafiese voorstelling van die hoek-elemente, i , Ω en ω , van die baan van 'n komeet of 'n ander liggaam om die son. Die aarde se baanvlak of die *ekliptika* is die vlak waarin die aarde om die son, S, beweeg. Die vlak waarin die komeet of ander liggaam beweeg word voorgestel deur 'n vlak wat die hoek i , of *inklinasiehoek*, daarmee maak. Die twee vlakke sny mekaar langs die *noduslyn*, N'N.

Om 'n vaste rigting in die aarde se baanvlak te kry, word die rigting gekies waarin die son elke jaar geplaas is wanneer dit die aarde se ewenaarsvlak kruis. Dit word genoem die "Eerste punt in Aries" (Ram) en word aangedui deur die Griekse letter γ . Die hoek wat die noduslyn, N'N, en die lyn S γ met mekaar maak, word genoem die "lengtegraad van die stygende nodus", en aangedui deur die Griekse letter Ω .

As die perihelion van die baan aangedui word deur P, is die derde hoek-element van die baan die hoek tussen die noduslyn, N'N, en die lyn wat die son se posisie met die perihelion verbind, SP. Hierdie hoek word aangedui deur die Griekse letter ω .

Aangesien die aarde en Halley se komeet albei om die son beweeg – die son is by die brandpunt van albei se elliptiese bane – maar in verskillende vlakke, sal die twee vlakke mekaar langs 'n reguit lyn sny, die sogenoemde *noduslyn*

(N'N in die figuur). Die noduslyn moet deur die son se posisie (S) loop want die son lê in albei se baanvlakke. Die hoek tussen die twee vlakke heet die *inklinasiehoek*, en dis gebruiklik om dié hoek aan te dui deur die gewone letter i (fig 37).

Naas die baanvlak van die aarde, die *ekliptika*, is daar nog 'n vlak in die ruimte wat vir die sterrekundige van belang is, en dit is die vlak van die aarde se ewenaar. Streng gesproke is dit die vlak deur die aarde se middelpunt wat loodreg op die aarde se draai- of pool-as staan. Die hoek tussen die *ewenaarsvlak* en die *ekliptika* is ongeveer $23\frac{1}{2}^\circ$, en twee maal elke jaar kruis die son die aarde se ewenaar. Dit gebeur op die lyn waar die twee genoemde vlakke mekaar kruis, en vind op ongeveer 21 Maart en 21 September elke jaar plaas. Die lyn waarlangs die vlakke kruis gee vir ons 'n vaste rigting in die ruimte op die *ekliptika*. Die punt waarheen die lyn wys, lê in Maart in die rigting van die sterrebeeld Aries, die Ram, en word genoem die "Eerste punt in Aries". In die sterrekundige geskrifte word dit gewoonlik aangedui met die Griekse letter gamma, γ . Die hoek tussen hierdie lyn, sy in die figuur, en die noduslyn N'N, word gewoonlik aangedui met die Griekse hoofletter omega, Ω , en word beskryf as die "lengtegraad van die stygende nodus, N".

'n Verdere baan-element is die hoek tussen die noduslyn, N'N, en die lyn wat die son se posisie verbind met die punt waar die komeet of ander liggaam by sy perihelion is. In ons figuur is dit die hoek tussen N'N en SP, aangesien Halley se komeet op 9 Februarie 1986 die perihelionpunt, P, in sy baan bereik. Die hoek word gewoonlik aangedui deur die klein Griekse letter omega, ω .

As die sterrekundige die drie hoeke, i , Ω en ω ken, weet hy wat die oriëntasie van die baan is, dit wil sê hy weet presies hoe die betrokke baan in die ruimte lê.

Om die grootte en die vorm van die baan te bepaal, benodig hy die lengte van die halwe groot-as van die elliptiese baan, a , en van die eksentrisiteit, e , van die ellips waarin die liggaam beweeg. Die lengtemaat wat vir a gebruik word, is gewoonlik die sogenoemde "astronomiese eenheid", dit wil sê die gemiddelde afstand vanaf die son na die aarde. Hierdie eenheid word aangedui deur die simbool AE, en

$$1 \text{ AE} = 149\,597\,870 \text{ km}$$

dit wil sê 'n raps minder as 150 miljoen km.

Die waardes van e loop in die praktyk van 0 tot byna 1 vir ellipse. Vir $e = 0$ of naby aan 0, is die baan 'n sirkel of baie naby daaraan. vir komete wat in baie langwerpige ellipse om die son beweeg, lê die e -waardes naby aan 1.

Die vyf elemente, i , Ω , ω , a en e bepaal vir die sterrekundige die ligging, die grootte en die vorm van die baan. Om aan te dui waar in die baan die liggaam, byvoorbeeld die komeet, hom bevind op enige oomblik, word die sesde element, T , ingevoer, dit is die tydstip wanneer die liggaam deur sy perihelion gaan.

Hier is die benaderde waardes van die ses baan-elemente vir Halley se komeet vir sy huidige besoek:

$$\begin{array}{lll} i = 162^\circ & \Omega = 58^\circ & \omega = 112^\circ \\ a = 17,84 \text{ AE} & e = 0,967 & T = 9 \text{ Feb } 1986 \end{array}$$

Hierdie laaste element word ook geskryf 1986,11, omdat dit vanaf 1 Januarie tot 9 Februarie ongeveer elf-honderstes van 'n jaar is.

Met behulp van Newton se teorie van die bewegings van liggame om die son, kan die volgende formule vir die spoed, v , van Halley se komeet in sy baan op enige afstand vanaf die son, r , afgelei word:

$$v = 29,7 \sqrt{\frac{2}{r} - 0,0557} \text{ km/s}$$

waar r gemeet word in AE. By perihelion, waar r 'n minimum is omdat die komeet daar op sy naaste aan die son is, is die spoed 'n maksimum, ongeveer 55 km/s. By aphelion, waar die komeet op sy verste van die son is en sy maksimum afstand van meer as 35 AE bereik, is die spoed 'n minimum, ongeveer 1 km/s. Halley se komeet versnel dus met 'n faktor van ongeveer 55 km/s tussen aphelion en perihelion, en die opbou van spoed is baie geleidelik. Dis ook duidelik dat die komeet verreweg die grootste deel van sy tyd deurbring in die koue dele van die sonnestelsel, verder as die baan van Saturnus.

In fig 38 word die verskille tussen elliptiese bane met dieselfde perihelion, P , maar verskillende eksentrisiteite, e , aangetoon. Vir $e = 0$, 1 lyk die ellips nog taamlik baie na 'n sirkel, waarvoor $e = 0$. Namate e toeneem na 1, word die ellips al hoe meer langwerpig.

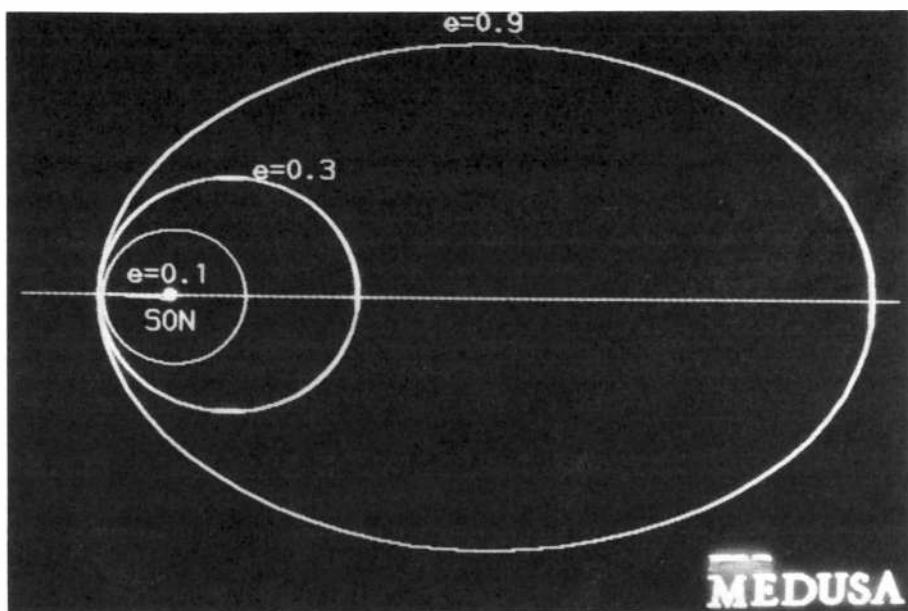


FIG 38

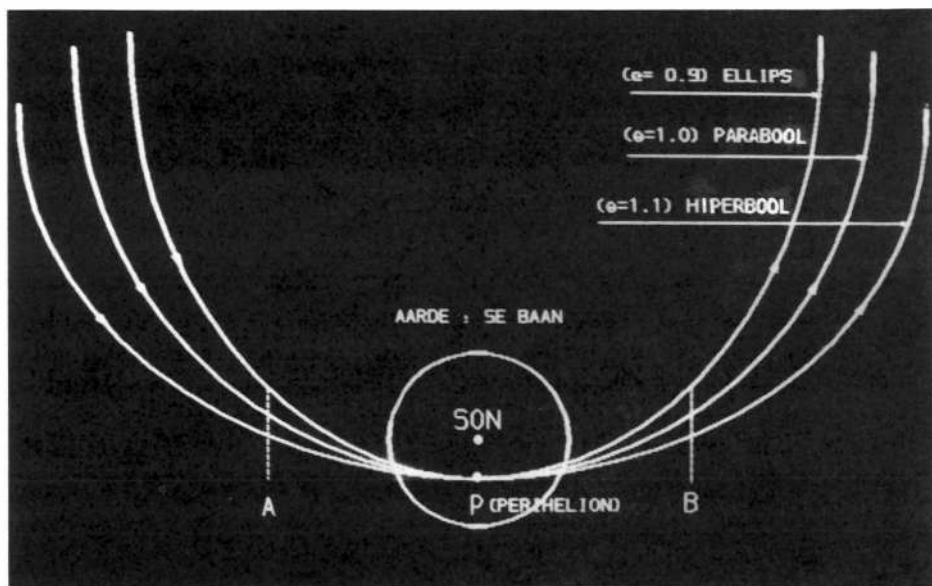


FIG 39

Fig 39 demonstreer die verskil tussen keëlsneë met verskillende eksentrisiteite, e .

As $e = 0$ of naby aan 0, kry ons 'n baan soos dié van die aarde wat feitlik 'n sirkel is.

Vir e net kleiner as 1 kry ons 'n baie langwerpige ellips.

As $e = 1$ is die keëlsneë 'n parabool,
en vir e groter as 1 kry ons 'n hiperbool.

Let op dat indien die waardes van e in die omgewing van 1 is, daar vir dieselfde perihelionafstand in die omgewing van die perihelion nie veel verskil tussen die elliptiese, die paraboliese en die hiperboliese bane is nie. Verder aan, op groot afstande, is daar wel groot verskille.

Byvoegsel 3

MARSDEN SE LYS VAN KOMETE

Die Britse sterrekundige, Brian Marsden, het 'n lys opgestel van alle voorwerpe wat as komete opgeteken is tot Oktober 1979. Dit bevat die rekords van sowat 2 153 voorwerpe. Dit is baie interessant om te sien hoe die waarneming van die voorwerpe oor die eeue versprei is. Vóór die begin van ons jaartelling kon daar altesaam 155 vermeldings van "komete" opgespoor word. Moontlik was 'n aantal van hulle egter nie regtig komete nie, want mense het in die ou dae dikwels nie verskil gemaak byvoorbeeld tussen 'n komeet en 'n helder meteoor of selfs 'n sonsverduistering, 'n besondere sameloop van planete of ander ligverskynsels aan die hemel nie.

Van die eerste tot die agtste eeue vind ons omtrent 40 komete wat elke 100 jaar vermeld word. Dan is daar vanaf die 10de tot die 14de eeue 'n sprong van 40 tot ongeveer 60 per eeu, en van die 15de tot die 18de eeue tot 80 vermeldings per eeu, met die uitsondering van die 17de eeu, toe daar net melding gemaak is van 41.

Die werklike groot toename vind in die 19de eeu plaas met altesaam 364

gevalle en die 20ste eeu (tot Oktober 1979) met nie minder as 655 nie. Dit beteken dat daar in die 19de eeu 'n gemiddelde van tussen drie en vier komete elke jaar gesien is, en in die huidige eeu het die gemiddelde opgegaan na sowat agt per jaar.

Die skerp toename in die afgelope twee eeue is ongetwyfeld die gevolg van die toename in die aantal aktiewe sterrewagte en sterrekundiges, met ander woorde dis 'n geval van die sterreheemel wat deegliker en meer deurlopend dopgehou word, en nie dat komete meer volop geword het nie.

Marsden gee ook die besonderhede van die bane van altesaam 1 027 komete, maar dit sluit in herverskynings van periodiese komete, sodat sy lys eintlik net 658 afsonderlike komete waarvan die baanelemente bereken kon word, bevat.

Van hierdie 658 is daar net 113 waarvan die periodes minder as 155 jaar is. Die gemiddelde perihelion-afstand van hierdie 113 komete is ongeveer 225 miljoen km of ongeveer 1,5 AE. Hulle kom draai dus by punte wat gemiddeld $1\frac{1}{2}$ keer die aarde se afstand van die son af is. Die gemiddelde hoek wat hul baanvlakke met die aarde se baanvlak, of ekliptika, maak is 13° . Verder is die gemiddelde van hul periodes ongeveer 7 jaar, en die meeste van hulle het aphelion-afstande in die omgewing van 5,3 AE, of naby die baan van Jupiter. Hulle word genoem "Jupiter se komete-familie", en dit is duidelik dat Jupiter met sy groot massa – 317 keer dié van die aarde – en dus sy sterk aantrekkingskrag, deur die eeue veel bygedra het om dié komete in sy familiekring in te dwing.

Komete word verdeel in kort- en langperiode-komete. Die verdeling word gewoonlik gemaak op die periode van 200 jaar. Marsden het gevind dat slegs ongeveer een vyfde van die komete met bekende bane in die "kortperiode"-groep gereken word.

Daar is in Marsden se lys 545 wat nie in die kortperiode-groep val nie. Van hulle het 162 beslis in elliptiese bane beweeg en keer hulle na die son se omgewing terug. Van die orige bane word 285 as paraboles en 98 as hiperbolies aangegee. Hiervan moet nie afgelei word dat die sogenoemde "langperiode"-komete oorwegend eenmalige verskynsels is nie, aangesien soos ons gesien het – 'n komeet wat langs 'n parabool of langs 'n hiperbool beweeg nooit weer terugkeer nie.

"Langperiode"-komete wat werklik periodies is en wat so naby aan die son kom dat hulle waargeneem kan word, moet in elliptiese bane beweeg waarvan die

eksentrisiteite noodwendig baie naby aan 1 is; dit wil sê in lang-uitgerekte ellipse. Uit die aard van die saak kan sulke komete slegs oor 'n baie kort deel van hul bane, in die omgewing van hul perihelion-punte, waargeneem word. Dis uiters moeilik om in sulke gevalle met sekerheid te onderskei tussen 'n ellips, 'n parabool en 'n hiperbool. Dit is dus moontlik, en selfs waarskynlik, dat baie van die komete in Marsden se lys wat aangegee word as paraboliese of selfs hiperboliese komete, in werklikheid periodiese komete is wat in ellipse beweeg wat so wyd gaan draai dat hulle eers na honderde of duisende of selfs na 'n miljoen jaar weer sal terugkeer na ons omgewing. Dit sal nogal moeilik wees om in sulke gevalle te besluit of hulle ons vir die eerste maal besoek en of hulle "ou vriende" uit die gryse verlede is.

Byvoegsel 4

IETS OOR STERGROOTTES

Ons het reeds daarop gewys dat wanneer 'n komeet 'n groot afstand van die son af is, dit uit net 'n koue kern bestaan met 'n deursnit wat baie gering is in vergelyking met ander hemelliggame. So 'n nietige liggaam weerkwaats baie min sonlig. As dit hoegenaamd waargeneem kan word, is dit 'n klein ligpuntjie.

Wanneer die kern nader aan die son beweeg en daar 'n koma met 'n deursnee van duisende km daaromheen ontstaan, weerkwaats dit baie meer sonlig en word die komeet baie makliker sigbaar. Nog nader aan die son, wanneer die stert te voorskyn kom en later miljoene km lank word, bied die komeet 'n opvallende skouspel.

Sterrekundiges het deur die eeue hul besondere stelsel ontwikkel om die helderhede van hemelliggame te meet. Hulle praat van "stergroottes". Dit het nie betrekking op die afmetings van die sterre nie, maar plaas hulle volgens hulle ligstraling op 'n skaal. Die helderste onder die vaste sterre is dié wat die eerste sigbaar word ná sononder en die laaste verdwyn met dagbreek. Daar word

onderskei tussen sterre van die eerste, tweede, derde, ens groottes, geskryf 1^m , 2^m , 3^m , ens. Die “m”-boskrif hier is 'n afkorting van die woord “magnitude”.

Teenstrydig met 'n mens se verwagting, neem 'n ster se helderheid af as die syfer wat sy grootte aandui, toeneem. 'n Ster van die sesde grootte (6^m) is een honderd keer dowwer as 'n ster van die eerste grootte (1^m). Helder sterre soos Betelgeuse (Alfa Orionis), 'n rooi ster in die beeld Orion, Antares (Alfa Scorpii), die rooi ster in die Skerpioen, en die dowwe een van die twee Wysers na die Suiderkruis (Beta Centauri), is al drie sterre van die eerste grootte. Enkele sterre, soos die helderste onder die vaste sterre, Sirius (Alfa Canis Majoris), is nog helderder, en hulle stergroottes word aangedui deur die syfer 0^m en selfs -1^m . Sterre van die sesde grootte is dié wat net gesien kan word met die gemiddelde ongewapende oog onder redelik gunstige weersomstandighede.

As twee sterre met presies een stergrootte (1^m) verskil, dan straal die helder een 2,512 of net meer as $2^{1/2}$ keer soveel lig uit as die dowwere een.

Die aantal sterre aan die hemel wat helderder is as die 4de grootte (4^m) is ongeveer 530, terwyl die aantal helderder as die 6de grootte (6^m) ongeveer 4 850 is. Op 'n helder, donker aand, weg van stadsligte, sien die gemiddelde oog op enige oomblik sowat die helfte van hulle, of ongeveer 2 500 sterre. Namate die perk dowwer gekies word, dit wil sê groter stergroottes, vermeerder die aantal sterre. Die aantal helderder as die tiende grootte (10^m) is 324 000, en die aantal helderder as 20^m is ongeveer 1 000 miljoen of een miljard.

Vir die sterrekundige is dit van belang om naas die skynbare grootte van 'n ster ook te weet wat sy inherente uitstraling is. Die maatstaf hiervoor is die genoemde absolute stergrootte. Om dit te kan bepaal is dit nodig om te weet hoe ver die ster van die aarde af is.

Die tegniek om die relatiewe en die absolute groottes van sterre te meet is al baie verfyn. Indien ons by die bepaling van die stergroottes van komete kom, ontstaan daar groot probleme. Sterre is, soos van die aarde af gesien, so ver dat hulle nooit anders as ligpuntjies vertoon nie. 'n Komeetkern is so klein dat, al is dit baie nader as enige ster, dit ook maar net 'n ligpunt is. Sy helderheid kan sonder meer met dié van sterre vergelyk word ten einde sy stergrootte te bepaal. Die formule wat vir ons die stergrootte van 'n komeetkern (m) gee, is:

$$m = 14,1 + 5 \log \Delta + 5 \log r \quad (1)$$

waar Δ = die afstand van die aarde na die komeet, en r = die afstand tussen die son en die komeet op die gegewe oomblik. (Albei afstande gemeet in astronomiese eenhede of AE.)

As 'n komeet naby genoeg aan die son kom om 'n koma en 'n stert te vertoon, dan is dit nie meer 'n ligpuntjie nie, maar 'n liggende oppervlak, soos byvoorbeeld 'n newel. Dan praat ons van die "totale grootte" van die komeet (M). Om dit te meet word die koma van die komeet byvoorbeeld vergelyk met die uitfokus-beelde van sterre met bekende groottes.

Die werklike uitstraling van die koma en die stert van 'n komeet verander vin-nig namate sy afstand vanaf die son (r) verander. Die wetmatigheid waar-volgens hierdie verandering plaasvind is nie dieselfde vir alle komete nie. Party komeetkerne is skynbaar meer uitgewerk as ander. Die wetmatigheid vir een en dieselfde komeet tydens 'n besoek is ook nie altyd dieselfde nie. Die skyn-bare stergrootte van 'n komeet sal natuurlik ook verander namate sy afstand vanaf die aarde (Δ) verander.

Op grond van die waarnemings van die totale grootte (M) van Halley se komeet gedurende sy vorige besoek in 1909 en 1910 het die twee sterrekun-diges Morris en Green die volgende twee formules afgelei wat vir ons die ster-groottes van die komeet gee vóór perihelion en ook ná perihelion.

$$\text{Vóór perihelion: } M = 5,47 + 5 \log \Delta + 11,10 \log r \quad (2)$$

$$\text{Ná perihelion: } M = 4,94 + 5 \log \Delta + 7,68 \log r \quad (3)$$

(plaat 8)

As ons nou aanneem dat Halley se komeet en sy nukleus hierdie keer net so gaan uitstraal soos tydens die vorige besoek, dan kan ons vooruit bereken vol-gens die formules (1), (2) en (3) wat die stergrootte van die kern (m) en die totale grootte van die komeet (M) op verskillende datums gaan wees. In die bygaande tabel (tabel 5) word in die eerste kolom die datums vanaf 1 Desember 1985 tot 15 Junie 1986 gegee; in die tweede en derde kolomme volg die waardes van Δ en r in AE; en in die laaste twee kolomme volg die berekende waardes van m en M :

TABEL 5 – WAARDES VAN m EN M BEREKEN VIR HALLEY SE KOMEET

Datum	Δ	r	m	M
1985 1 Des	0,63	1,48	14,0	6,4
15 Des	0,82	1,27	14,2	6,2
1986 1 Jan	1,16	1,01	14,4	5,8
15 Jan	1,40	0,80	14,4	5,1
1 Feb	1,56	0,62	14,0	4,1
15 Feb	1,50	0,60	13,9	4,1
1 Mrt	1,27	0,72	13,9	4,4
15 Mrt	0,94	0,92	13,8	4,5
1 Apr	0,53	1,18	13,1	4,1
15 Apr	0,44	1,39	13,0	4,3
1 Mei	0,80	1,63	14,7	6,1
15 Mei	1,24	1,84	15,9	7,4
1 Jun	1,80	2,08	17,0	8,7
15 Jun	2,25	2,26	17,6	9,4

Volgens tabel 5 wil dit voorkom asof die verwagte stergrootte van die komeetkern in April 1986 sy maksimum helderheid van stergrootte 13 sal bereik. Dit is ongeveer 200 keer dowwer as wat die ongewapende oog kan sien. 'n Redelike goeie teleskoop sal dus nodig wees om dit te kan sien. Die totale grootte van die komeet in die laaste kolom is teleurstellend en sal feitlik die hele tyd vanaf Februarie tot in April 1986 maar net van die vierde grootte wees. Dis seker nie verkeerd om te hoop dat daar iets sal gebeur nie, soos byvoorbeeld besondere aktiewe uitstraling van die son in die rigting van die komeet wat dit sal laat opvlam tot groter helderhede as wat deur die syfers voorspel word.

Indeks

- Aantrekkingskrag, universele wet van 100
Aetius 5
Akwarius 56, 84, 86
Alfa Canis Majoris (Sirius) 111
Alfa Centauri 60
Alfa Orionis (Betelgeuse) 111
Alfa Scorpii (Antares) 111
Allis, EH (fotograaf) 34
Andromeda 56
Antares 111
Aphelion 24, 43
Apianus, Petrus 8, 10, 11, 25, 27
Arauna die Jebusiet 4
Arckel, Johannes van 4
Arend-Roland-komeet 65, 66, 71
Aries, die Ram 102
Aristoteles 12
Astrologie 63
Astronomiese eenheid (AE) 2, 103
Atmosfere van die sterre 48
Attila 5
Baanelemente 101
Back, "Dominee" 4
Bane, oop en geslote 24, 42
Barnard, EE 51
Bayeux-tapisserie 8, 9, 67
Bennett-komeet, 1970 II 55, 75, 78, 79
Bennett, JC, komeetsoeker 66, 75, 77
Besoeke van Halley se komeet 6
Bessel, FW 32, 33
Beta Centauri 111
Betelgeuse 111
Betlehem, ster van 5, 67, 68
Blousuur (HCN) 49, 51
Biela se komeet 56
Biela, Wilhelm von 56
Boerekrygsgevangenes 16
Bortle, John E 84
Brahe, Tycho 12, 99
Brandpunt 92

Caesar, Julius 5

Cambridge 18, 19, 20, 21
Campbell, prof 41
Chicago 49
Chroom 48
Churms, J x
Cillie, prof GG vi
Clerke (assistent) 16
Copernicus 19

Dagligkomeet 11, 37, 38
Danielson 44, 45, 46
Dawid 3, 4
Dierieriem (Sodiak) 6
Differensiaalrekening 19, 23
Donati se komeet 37, 64, 70
"Drake's Comet" 37

Eadwine (monnik) 9, 10
Efemeris 101
"Eie beweging" van sterre 22
Ekliptika 26, 44, 63, 102, 104
Eksentrisiteit 90, 92, 94, 99
Elektriese kragte in komete 34
Elemente in komete 49
Ellips 23, 42, 43, 92, 106
Encke se komeet 6
Eta Akwariede (meteore) 56
Europese Gemeenskap 2, 44, 49

Feast, dr M 77
Feldhausen 32
Flagstaff, Arizona 40, 54
Flamsteed, John 27, 29, 30
Fotografie 31, 34, 48
Fotografiese opnames 64
Fotografiese plaat 36

Galileo 6
Gasbol 60
Gasse, samestelling van 47
Gasstert 10, 53, 64
Gaswolk 60
Gifgasse 49
Gill, David 34, 35, 48
Giotto di Bondone 10, 67, 89
Gramskap van die Here 4

Grässer, prof HSP x
Gravitasie (aantrekkingskrag) 23
Greenwich 27, 28, 29

Halley, lewe van 15
Halley, portret van 14
Halley se komeet, Besoeke 6
In 1910 39
Verwagtings in 1986 80
Harold, koning 8, 9
Harrison, John 28
Harvard-sterrewag 51
Hastings, slag van 8
Heidelberg 40
Helium 48
Helderheid van sterre (kyk
stergroottes) 110
Helwan-sterrewag 36
Herodes, koning 67
Herontdekking van Halley se
komeet 45, 46
Herschel, John 32
Herschel, William 32
Hiperbool 23, 61, 96, 106
Hoek-elemente 102
Honda (komeetsoeker) 66
Hoogtehoeke van Halley se komeet,
1986 82, 83
Hugenote-kollege, Wellington 18
Hunne 5

Ikeya, Kaoru (komeetsoeker) 73
Ikeya, komeet 66
Ikeya-Seki-komeet 71, 73, 74
"Inclin. orbitae" 25
Ingoldstadt (Beiere) 10
Inklinasiehoeke 26, 102, 104
Inleiding 1
Innes, Robert 37
Israel 3
"International Halley Watch" (IHW) 89

"Januarie-komeet" 36, 37
Japanners 2, 44, 49, 86
Jerusalem 4, 67
Jesus, geboorte van 5, 67
Jewitt 44, 46

- Josephus, Flavius 5
 Julius Caesar 5
 Jupiter 44, 52, 60, 61, 68, 74, 86
 Jupiter se komete-familie 108
- Kalsium 48
 Karel II, koning 16
 Karoo 86
 Keël, regte sirkelvormige 23, 90
 Keëlsnee 23, 90, 99
 Kepler, Johann 12, 17, 19, 25, 27
 Kern van Halley se komeet 40, 49
 Kersnag van 1758 27
 Kepler se drie wette 17, 99
 Kilometer 2
 Knox-Shaw, dr 36
 Koma (gaswolk) 51, 110, 112
 Kohoutek, dr Lubos 74
 Kohoutek-komeet 1973 XII 74, 80
 Komeet 1882 II 34, 35, 48
 Komeet Halley, foto's 39, 40, 54
 Komeetkern 49, 52, 55, 61, 81, 111
 Kometewolk 61
 Königsberg-sterrewag 32
 Koninklike sterrekundige 28, 29
 Koninklike Sterrewag 29
 Koninklike Vereniging van Londen 20, 21
 Koolstof 48, 49, 51, 52, 75
 Koolstof-monoksied 52, 53
 Kopenhagen 12
 Koper 48
 Kortas 42, 92
 Kourou 86
 Kronieke van Nuremberg 7, 8, 67
 Kurwes 23
- Langas 42, 92
 "Langhaarster" 3
 Lengtegraad van die stygende
 nodus 26, 103
 Lexell se komeet 62
 Lick-sterrewag 41, 65
 Ligjaar 2
 Ligkrans 40
 Ligspektrum 47
 Longomontanus, Christian 12, 25, 27
 Loomis, Jerome 73
- Lowell-sterrewag 40, 54
- Maansverduistering 41
 Maantabelle 28
 Maclear, Thomas 32
 Magi 67
 Mangaan 48
 Mars 31, 44, 68
 Marsden se lys van komete 107
 Mattheus 67, 68
 Mercurius 17, 31
 Mercurius, oorgang van 17
 Meteore 56
 Meteoriete 51
 Metielsianied 51
 Miga, profeet 67
 Moedermolekule 51
 Morris en Green 112
- Napoleon 16
 Neptunus 44
 Newcomb, Simon 18
 Newton, Isaac 18, 20, 23
 New York Times 51
 Nodus ascend 26
 Noduslyn 102, 104
 Nul-meridiaanlyn 29
 Nuremberg, Kronieke van 7, 8, 67
 "Nuwe" komete 62
- OA0-2 satelliet 53
 Odo, Biskop van Bayeux 9
 Oer-son 60
 OGO-5 satelliet 55, 77
 Omgekeerde kwadraatwet 19
 Omloopstyd 44
 Oort, JH 59, 60, 62
 Oort se kometewolk 60
 Orion 22, 56
 "Orioniede" (meteore) 56
 Oxford 15, 21
- Padua, kapel in 10
 Palomar-sterrewag 46

Parabool 23, 94, 106
 Parallaks van die son 17
 "Parkeerbaan" 86
 Parkes-radioteleskoop 88
 Perihelion 5, 24, 43, 66, 81
 Perihelionpunt 103
 Periodiese komeet 61
 Pesplaag 19
 Pisces (die Visse) 68, 84, 86
 "Planeet A" 86, 88
 Planete, aantrekkingskragte van 27
 Praag 12
 "Principia Mathematica" 20, 21
 Psalmboek, Utrechtse 9, 10
 Psalmboek van Eadwine 10
 Ptolemaios 12

 Radcliffe-sterrewag, Pretoria 36, 77
 Rome 5
 Ruimtesendings na Komeet Halley 86
 Ruimtetuie 44
 Russe 44, 49

Sagittarius 84
 Saturnus 45, 46, 68
 Schmidt, Johannes 70
 Seki 73
 Seneca, Lucius Annaeus 12
 "Sewe susters" (Pleiades) 22
 Sirius 111
 Sirkel 92
 Sjinese waarnemers 5
 Skeepschronometer 28
 Skylab-ruimtetuig 75
 Sodiak (dierierem) 63
 Sonskramkomete 55, 71
 Sonsverduistering 22
 "Sonwind" 32, 81
 Spektroskoop 48
 Spektrum 47
 Sterrereën 57
 Sterte van komete 54
 Stergroottes 110
 Stert, rigting van 8
 Ster van Betlehem 10
 St Helena 16
 Stikstof 48, 49, 51, 52, 75

Stofstert 37, 54, 64
 St Paulusskool 15
 "Stygende nodus" 26, 103
 Sutherland-sterrewag 89
 Suurstof 48, 51, 52, 75
 "Swaard van die Here" 3
 Swawel 75
 "Synopsis Astronomiae Cometicae" 24, 25

Tafelberg 34
 Tago-Sato-Kosaka-komeet 53
 Tebbutt se komeet 70
 Teleskoop 12
 Thackeray, dr AD 77
 Tin 48
 Tokio-sterrewag 73
 Toscanelli, Paolo 10
 Tooke, Mary 18
 Toppunt 90, 95
 "Trustert" 65, 71
 Turbulensie 53
 Turke 10

Uchinoura-ruimtesentrum, Japan 88
 Uranus 46

Van Arckel, Johannes 4
 Van der Stael (sieketrooster) 4
 Van Heerden, mnr E x
 Van Riebeeck, Jan 5
 Vega-ruimtesendings 86, 88
 Veneras 88
 Venus 17, 31, 40
 Venus, oorgang van 17
 Verderf-engel 4
 "Verskietende sterre" (meteore) 56
 "Vuil ys" 51

Wagenaar, kommandeur 5
 Wargau, Walter F v
 Waterdamp 51
 Waterstof 48, 49, 51, 52, 75
 Waterstofgas 77
 Wellington, Kaap 18

Wên Hsien Thung Khao 8
West, komeet 80
Whipple, prof Fred L 51
Willem die Veroweraar 8, 9
Wolff, Max 36, 40, 45
Woolsthorpe 18

Wylant (sieketrooster) 4
Wyse manne (Magi) 67

Yerkes-sterrewag 51
Yster 48, 75

126

126

Vier opnames van Halley se Komeet (1910 II), gemaak by die Kaapse sterrewag op 21 April (een dag ná perihelion), 2 Mei, 7 Mei en 11 Mei in 1910. Baie fyn besonderhede kan in die stert van die komeet onderskei word, en die foto's toon hoe die komeet in daardie drie weke ontwikkel het.