

DE BEPALING VAN DEN OP- EN ONDERGANG DER ZON.

DOOR

C. KREDIET.

Door mijn onderwijs in de cosmografie aan de leerlingen der H. B. S. werd ik er toe gebracht een teekening te ontwerpen, waardoor men, door het trekken van een paar lijnen, het oogenblik van den op- en dat van den ondergang der zon op iederen willekeurigen datum van het jaar kan bepalen. Mijn collega, Dr. BREMER, vond haar interessant genoeg om mij voor te stellen haar, met eenige toelichting, aan het Album der Natuur af te staan. Vandaar dat ik den lezers van dit tijdschrift verlof vraag, hen een oogenblik bezig te houden met hoogst eenvoudige en bekende verschijnselen.

De gedaante onzer aarde wordt altijd vergeleken met die van een bol. Wel is waar is de aarde geen volkomen bol, al rekent men de oneffenheden der oppervlakte niet mede, doch het verschil is zoo gering dat bij de lessen in de cosmografie de bolvorm der aarde als werkelijk bestaande wordt aangenomen, tenzij 't noodzakelijk is om anders te handelen. Ik ga dan ook hier uit van den bolvorm der aarde. Deze bol draait met eenparige beweging om haar as in den tijd van bijna 24 uur. Bovendien beweegt zij zich in een kromme om de zon in den tijd van één jaar. Die kromme is bij benadering een cirkel en ik neem nu aan dat zij werkelijk een cirkel is. In deze rij van vereenvoudigende veronderstellingen past dan tevens, dat de beweging van de aarde in haar baan een eenparige is.

De as der aarde blijft bij die beweging om de zon evenwijdig met

zichzelve en maakt met het vlak van de loopbaan — d.i. met het vlak der *ecliptica* — een hoek van $66\frac{1}{2}^\circ$. Deze hoek en zijn complement, nl. $23\frac{1}{2}^\circ$, zijn zeer eenvoudig te construeeren. In fig. 1 is $OC = 0,4 OB$

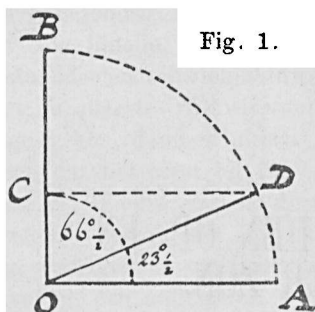


Fig. 1.

genomen en dan is, als CD evenwijdig met OA, $\angle AOB = 90^\circ$ en BDA een kwartcirkel is, $\angle AOD = 23\frac{1}{2}^\circ$, $\angle BOD = 66\frac{1}{2}^\circ$ 1).

Het vlak van den equator der aarde maakt dus met dat der *ecliptica* een hoek van $23\frac{1}{2}^\circ$. Is in fig. 1 OB de helft der aardas dan is OA de doorsnede van het vlak van teekening met den equator en OD die met de *ecliptica*, als nog verondersteld wordt dat ook dit vlak loodrecht is op het vlak der figuur. Is B de noordpool der aarde dan is op 21 Juni OD de lijn, gericht uit O naar het middelpunt der zon.

Wij, aardbewoners, zijn ons niet bewust van de bewegingen der aarde. De wetenschap heeft ons verstand daarvan overtuigd en geen oogenblik twijfelen wij dan ook aan die bewegingen. In ons gewone leven bemerken wij evenwel niets van een draaiing der aarde om hare as, noch van hare reis om de zon. Wij nemen waar dat de zon dagelijks een boog aan den hemel beschrijft en wij hebben moeite om er ons in te denken dat wij zelve de beweging maken en dat die der zon een schijnbeweging is. Daarom stellen wij ons menigmaal voor, dat de zon de *ecliptica* doorloopt en dus dat zij, om de aarde als middelpunt, een eenparige cirkelvormige beweging heeft. Tegen deze *voorstelling* is weinig in te brengen als men afziet van het axioma der Natuurkunde: »niets geschiedt zonder oorzaak«, doch wenscht men de krachten te beschouwen, die de oorzaken der bewegingen zijn, zoo wordt die voorstelling onhoudbaar. Evenwel worden door die voorstelling de gevolgen der onderlinge beweging van zon en aarde niet veranderd en eenvoudigheidshalve zullen wij dus de zon om de aarde laten gaan in den tijd van één jaar en met eenparige, cirkelvormige beweging. Wij denken nu het vlak van den equator der aarde verlengd. De zon zal dan op 21 Maart, als de Lente begint, zich bevinden in het punt waar de *ecliptica* het equatorvlak snijdt.

1) Dit zal duidelijk zijn als men weet dat $\sin 23\frac{1}{2}^\circ = 0,40$. —

Evenals in den handel bij de rente-berekening gebeurt, stellen wij een maand op 30 dagen en dus een jaar op $12 \times 30 = 360$ dagen. De zon doorloopt dan — een cirkelomtrek is 360° — iederen dag een hoog van één graad in het vlak der ecliptica.

In fig. 2 zijn de vlakken, ecliptica en equator, die samen een hoek van $23\frac{1}{2}^\circ$ vormen, voorgesteld en is PQRS de baan, die de zon schijn-

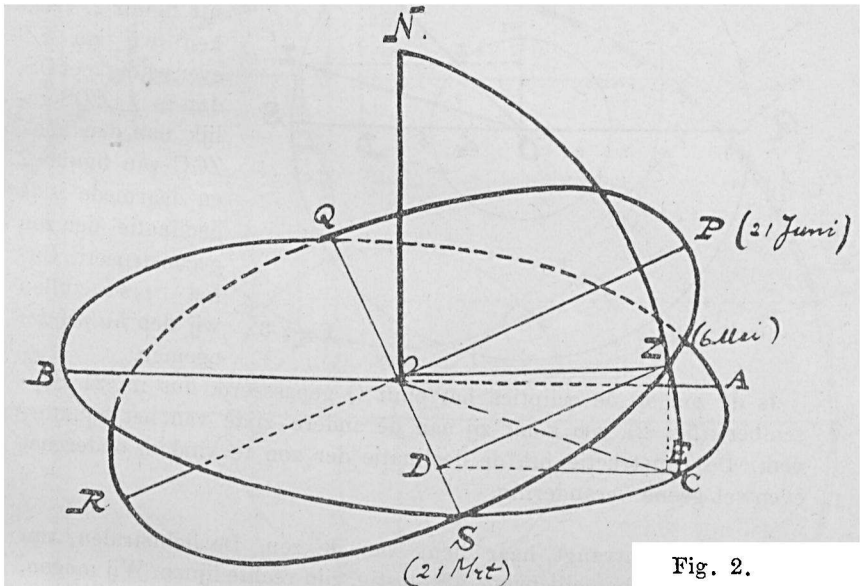


Fig. 2.

baar in den loop van één jaar doorloopt. Zij is op 21 Maart in S, op 21 Juni in P. — AQBS is de verlengde aardequator. ON is de as der aarde, of liever haar verlengde. $\angle POA$ is dus $23\frac{1}{2}^\circ$ (vergeleijk fig. 1).

Zij nu de zon op een of anderen datum, b.v. 6 Mei, in Z, dan is $\angle ZOS$ bekend. Immers van 21 Maart tot 6 Mei is $10 + 30 + 5 = 45$ dagen en dus is bedoelde hoek 45° .

Voor ons doel is nu noodig dat wij den hoek ZOC leeren kennen, zijnde de hoek die de vizierlijn naar de zon maakt met het vlak van den equator. Deze hoek wordt de *declinatie* der zon genoemd. Wij laten daartoe uit Z de loodlijn ZD op OS en de loodlijn ZE op den equator neer en trekken de lijn DE. De hoek ZDE is dan gelijk aan den hoek POA, d.i. $23\frac{1}{2}^\circ$ en bijgevolg is $ZE = 0,4 ZD$. — ZD is bekend omdat $\angle ZOS$ bekend is, bijgevolg is $\angle ZOC$ te construeeren (zie fig. 3). Hier is $\angle ZOS$ gelijk genomen aan den gelijknamigen

gen hoek in fig. 2 en is cirkel nzs beschreven met een straal, gelijk aan $0,4 ON$. Het snijpunt z op OZ is dus zoo gelegen dat $Oz = 0,4 OZ$

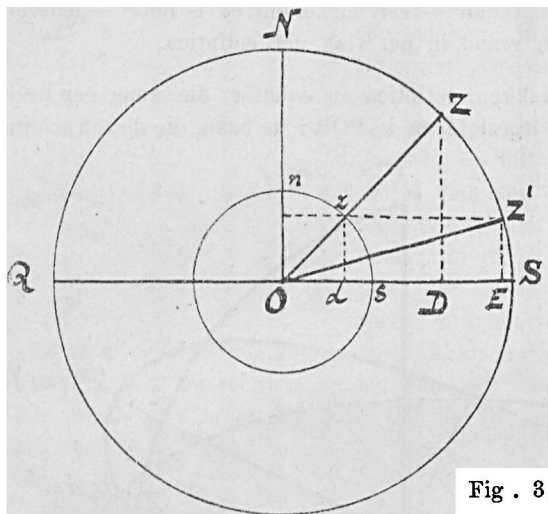


Fig. 3. wij den *hulp*cirkel noemen.

Is de zon op de ecliptica het punt Q gepasseerd, dus na 21 September (fig. 2), zoo komt zij aan de andere zijde van het equatorvlak. De constructie om de declinatie der zon te vinden, ondergaat evenwel geene verandering.

De aarde ontvangt haar licht van de zon. De lichtstralen, van laatstgenoemd hemellichaam afkomstig, zijn rechte lijnen. Wij mogen, wegens den enormen afstand van de zon tot de aarde, n.l. ongeveer 150 millioen kilometer, al de lichtstralen, die de aarde bereiken, als onderling evenwijdige lijnen beschouwen. De eene helft van het aardoppervlak ontvangt dus geen, de andere helft wel licht. De grens tusschen het donkere en het verlichte gedeelte is een groote cirkel, waarvan het vlak loodrecht staat op de richting der invallende zonnestralen. Wij zullen dezen cirkel *schaduw*cirkel noemen. Door de schemering mag, nadat de zonnestralen een plaats niet meer rechtstreeks bereiken, niet direct alle licht weggenomen zijn, het werkelijk zien van de zon aan den hemel heeft met die schemering niet te maken. De straalbreking in den dampkring, waardoor de opkomst der zon iets vervroegd, de ondergang iets vertraagd wordt, blijft hier buiten beschouwing.

In onze figuur 4 stelt de cirkel met den, in deelen van 5° verdeel-

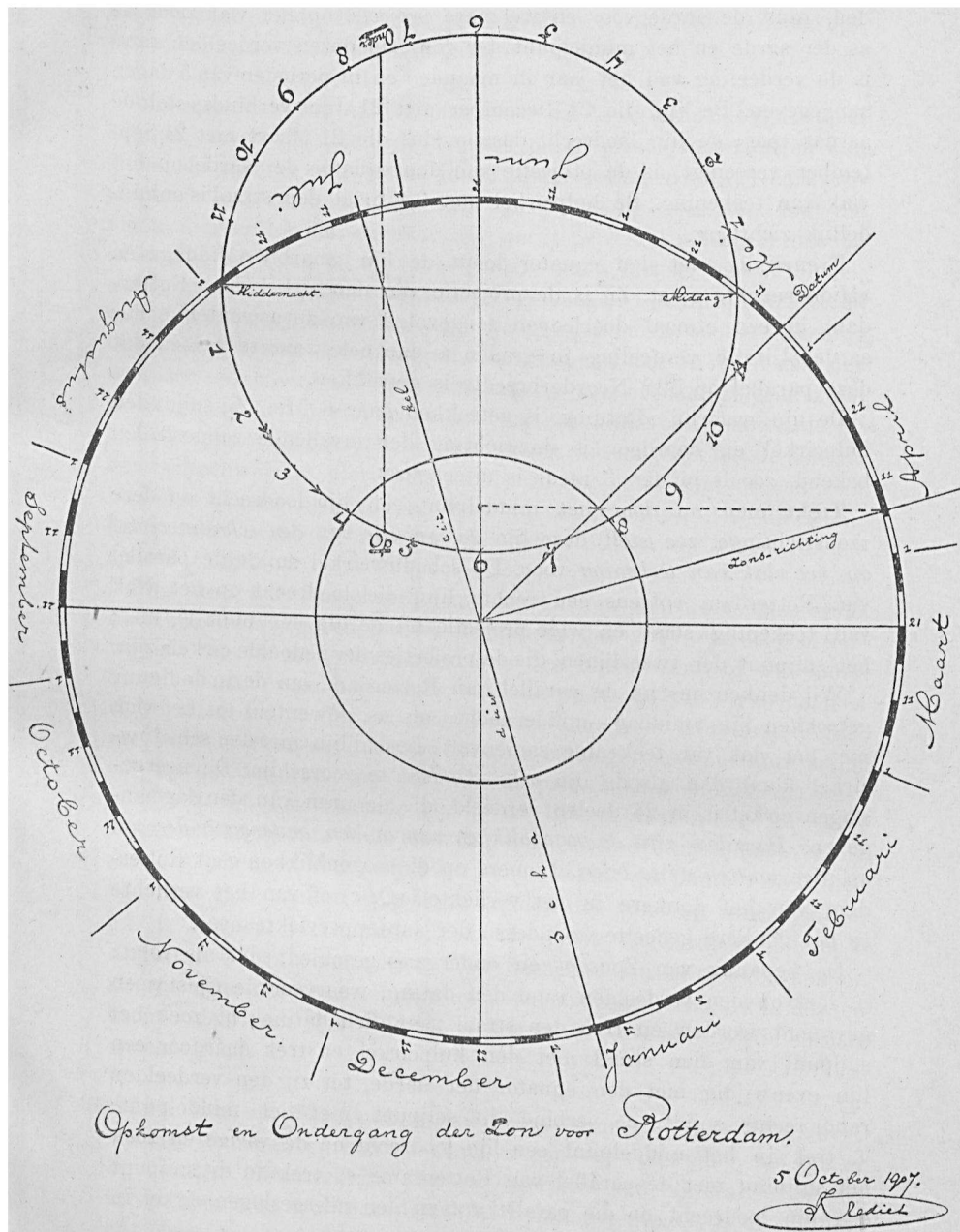


Fig. 4.

den, rand de aarde voor en wel hare *projectie* op het vlak door de as der aarde en het middelpunt der zon. Op dezen verdeelden rand is de verdeeling van het jaar in maanden en in perioden van 5 dagen aangegeven. De lijn, die 21 December met 21 Juni verbindt, stelt de aardas voor; de lijn loodrecht daarop, dus die 21 Maart met 21 September vereenigt, is de projectie van den equator der aarde op het vlak van teekening. De hulpcirkel met 0,4 maal den straal is onmiddellijk zichtbaar.

Evenwijdig met den equator loopt de lijn waarbij »Middag« en »Middernacht« staat. Zij is de projectie van den cirkel door Rotterdam in een etmaal doorloopen tengevolge van de aswenteling der aarde. Uit de verdeeling in graden is dan ook waar te nemen dat deze parallel op 52° Noorderbreedte is getrokken.

De lijn, waarbij »Datum«, is getrokken naar 6 Mei. Zij snijdt den hulpcirkel en daardoor is de richting der invallende zonnestralen bekend, zooals bij fig. 3 reeds is uiteengezet.

Trekt men nu door het middelpunt een lijn loodrecht op deze »zonsrichting«, zoo stelt deze lijn *de projectie van den schaduwcirkel op het vlak van teekening* voor. De schaduwcirkel snijdt de parallel van Rotterdam volgens een rechte lijn, die loodrecht op het vlak van teekening staat en wier projectie bij gevolg een punt is, n.l.: het snijpunt der twee lijnen, die de projecties der bedoelde cirkels zijn.

Wij denken ons nu de parallel van Rotterdam, om de in de figuur getrokken lijn »middag—middernacht« als as, gewenteld tot het vlak met het vlak van teekening samenvalt. De snijlijn met den schaduwcirkel komt dan als de lijn »Op—Onder« te voorschijn. De neergeslagen cirkel is in 24 deelen verdeeld, die de uren van den dag aangeven. *Duardoor zijn de oogenblikken van op- en ondergang der zon op dien omtrek af te lezen.* Immers op die oogenblikken gaat Rotterdam van het donkere in het verlichte (»Op«) of van het verlichte in het donkere gedeelte (»Onder«) der aardoppervlakte over.

De bepaling van Zonsop- en ondergang geschiedt dus als volgt: *a.* zoek op den verdeelden rand den datum, waarvoor de tijdstippen gevraagd worden en trek den straal naar dien datum; *b.* zoek het snijpunt van dien straal met den hulpcirkel en trek daardoor een lijn evenwijdig met den equator der aarde, tot zij den verdeelden rand rechts snijdt; *c.* verbind dit snijpunt met het middelpunt; *d.* trek in het middelpunt een lijn loodrecht op de vorige en zoek het snijpunt met de parallel van Rotterdam; *e.* trek in dit snijpunt een lijn loodrecht op die parallel tot zij den neergeslagen cirkel in

twee punten snijdt. Het eene punt geeft het oogenblik van den op-, het andere dat van den ondergang der zon aan.

Wil men voor een andere plaats der aarde de bedoelde tijdstippen kennen, zoo heeft men de breedte dezer plaats te weten en kan alsdan de parallel dier plaats in de figuur teekenen en om hare projectie als scharnier op het vlak van teekening neêrslaan. Ligt die plaats dichter bij den evenaar zoo wordt de cirkel met de verdeling in uren grooter en de lijn »op—onder« komt dichter bij het middelpunt, waaruit dadelijk volgt, dat de gevraagde tijdstippen dichter bij 6 uur vóór- en 6 uur namiddag zijn gelegen, m.a.w. de teekening laat duidelijk zien dat de verschillen tusschen dag en nacht naar den evenaar toe afnemen. Voor plaatsen op den evenaar gelegen komt de zon altijd om 6 uur op en gaat zij ook altijd om 6 uur onder.

Is de plaats dichter bij de pool, zoo is het mogelijk dat de parallel den schaduwcirkel niet meer snijdt. In dat geval gaat de zon voor bedoelde plaats op dien dag noch op noch onder, d.i. de plaats heeft voortdurend de zon aan den hemel of wel het is het geheele etmaal nacht.

Men kan zelfs omgekeerd handelen en dan daaruit bepalen wanneer voor een gegeven plaats, die minder dan $23\frac{1}{2}^{\circ}$ van de pool verwijderd is, de zon voortdurend aan den hemel staat, of wel voortdurend onder den horizon is. Stel de plaats ligt 16° van de pool verwijderd, dus op 74° noorderbreedte. Men trekt dan eerst de lijn, die in de figuur als schaduwcirkel is aangegeven, want deze snijdt den verdeelden rand op 16° van de pool. In het middelpunt trekt men een lijn loodrecht op de vorige lijn en naar rechts. Zij geeft de zonsrichting aan. Men trekt uit haar uiteinde een lijn evenwijdig aan den equator. Deze snijdt den hulpcirkel in twee punten. De stralen bij deze twee punten behoorend snijden den rand op twee plaatsen n.l. 6 Mei en 6 Augustus. Bedoelde plaats heeft van 6 Mei tot 6 Augustus voortdurend »dag«. Door de eerste lijn te trekken aan de andere zijde der aardas krijgt men een anderen »schaduwcirkel« en bepaalt daarmee dat bedoelde plaats van 6 November tot 6 Februari »nacht« heeft.

Men kan op de teekening meerdere »datum«lijnen trekken, b.v. om de 15 dagen en dan de uren van op- en ondergang der zon er bij bepalen. Men verkrijgt dan een overzicht van de verandering dier uren. Men ziet dan dat die verandering het grootst is als de data van dag- en nachtevening, d.i. 21 Maart en 21 Sept. genomen worden.

In onze figuur is nog meer te lezen. Neemt men den boog van den rand tusschen het punt »middag« tot aan het uiteinde van den schaduwcirkel bij de naastbijgelegen pool, zoo is die boog de *Middag-hoogte* der zon op den datum, waardoor op- en ondergang zijn bepaald. Op 6 Mei is deze dus 54° . De middaghoogte der zon is gelijk aan het complement van de breedte der plaats, vermeerderd met de declinatie der zon en bedoelde boog bestaat uit twee stukken, elk gelijk aan een der twee genoemde deelen der middaghoogte.

Voor degenen, die bekend zijn met de bolvormige driehoeksmeting, wil ik nog opmerken dat als men door het middelpunt van den parallelcirkel een lijn trekt loodrecht op den straal naar »op« tot zij den equator snijdt en dit snijpunt vereenigt met het punt dat in onze figuur als zuidpool der aarde dienst doet, men de richting verkrijgt waarin de waarnemer moet zien om de opkomst der zon te genieten. De as der aarde geeft daarbij dan de richting naar het Noorden aan.

Rotterdam, October 1907.
