

3. KWADRANT

Gebruiksmogelijkheden

Met een kwadrant kan de hoogte van een ster of een planeet 'geschoten' worden. De ontdekkingsreizigers hebben gemeten hoeveel graden de Poolster boven de kim stond. Hiermee konden ze bepalen op welke noorderbreedte ze vertoefden en hoeveel kilometers ze richting noord of zuid moesten afleggen alvorens ze weer in de thuishaven waren.

Een kwadrant is een instrument waarmee hoeken tot 90° (een kwart cirkel) gemeten kunnen worden. Waarschijnlijk dateert het kwadrant uit de oudheid. Columbus gebruikte het kwadrant voor het bepalen van de geografische ligging van de landen die hij ontdekte. Op volle zee was dit instrument niet goed te gebruiken, wanneer het schip op en neer deinde. In de tijd van Columbus was het kwadrant een eenvoudig instrument. Voor het exact meten van de planetenposities bestonden er gecompliceerdere instrumenten.

Een nog eenvoudigere wijze voor het meten van de hoogte is handwerk: op 50° noorderbreedte staat de Poolster vijf handbreedtes boven de horizon; dit gemeten met gestrekte arm. Op de Noordpool (90° noorderbreedte) staat de Poolster recht boven het hoofd. Van de horizon tot het zenit meten we negen handbreedtes; dit is een hoek van 90° . Op de Evenaar (0° noorderbreedte) staat de Poolster onzichtbaar achter de noordelijke horizon.

In Utrecht (52° noorderbreedte) staat de Poolster op 52° boven de noordelijke horizon. In het noorden van Nederland staat de Poolster een graad hoger boven het noordpunt; in het zuiden van Nederland een graad lager; dat bemerken we echter niet bij het kijken naar de Poolster. In Rome (42° noorderbreedte) staat de Poolster 10° lager aan de noordelijke hemel dan thuis; dat valt direct op. Als de Poolster 10° lager staat, is men 1110 km zuidelijker. In de Scandinavische landen staat de Poolster hoger aan de hemel dan in Nederland. Waar de Poolster 62° boven het noordpunt staat, is het ongeveer 1100 km noordelijker dan in Midden-Nederland.

Deze verschillen kunnen met een paraplu getoond worden. Teken de sterren van de Wagen en van Cassiopeia op een blauwe paraplu of op een karton dat in de binnenkant wordt bevestigd. Richt de punt van de paraplu naar de Poolster en draai de paraplu van oost met een boog naar west. Bij het lopen naar het noorden wijst de punt van de paraplu geleidelijk hoger. Op de noordpool, de Poolster staat loodrecht boven ons, cirkelen de sterren evenwijdig aan de horizon. Op de Evenaar zijn de bewegingen heel anders: de sterren komen loodrecht op en gaan loodrecht onder.

Wij kunnen het kwadrant gebruiken om getalsmatige vragen zelf te beantwoorden:

- Onder welke hoek stijgt en daalt een ster?
We kiezen enkele heldere sterren (één die net boven de oostelijke horizon is opgekomen, één hoog aan de zuidelijke hemel en één aan de westelijke hemel). We meten op verschillende tijden van de avond, bijv. om het halve uur, de hoogte van deze sterren en vergelijken de waarden.
- Wat blijkt als we metingen verrichten aan:
 - a) sterren die zeer zuidelijk opkomen en ondergaan,
 - b) sterren die precies in het oosten opkomen en precies in het westen ondergaan,
 - c) sterren die zeer noordelijk opkomen en ondergaan?We zien de zon in de donkere maanden van het jaar vlakker stijgen en dalen dan in de

lente of de zomer. Evenzo lijken de sterren die in het zuidoosten opkomen vlakker te stijgen en te dalen dan de hemellichten die in het noordoosten opkomen. Mathematisch gezien maken op een bepaalde plaats op aarde de hemelbogen van de zon, de maan, de planeten en alle sterren (m.u.v. de Poolster) echter wel steeds dezelfde hoek met de horizon. In Utrecht stijgen en dalen de hemellichten onder een hoek van 38° . (In Noord-Nederland 1° vlakker; in Zuid-Nederland 1° steiler).

De sterren die in het zuidoosten opkomen, stijgen en dalen onder dezelfde hoek als de sterren die noordelijker hun hemelboog beschrijven, als je vanuit de periferie, vanaf de ruimte 'achter' de sterren, hun hemelbogen zou kunnen bekijken. De ervaringswereld (de mens in het midden van de hemelkoepel kijkt om zich heen) is echter geheel anders.

Alleen als het overdag licht bewolkt is, kunnen we ook de hoogte van de zon opmeten.

Pas op: Kijk nooit op een heldere dag in het felle zonlicht! Gebruik altijd een sterke filter, bijv. lasglas. Met een verrekijker naar de zon kijken veroorzaakt blindheid. We meten van 's ochtends vroeg tot 's avonds laat om het uur hoe hoog de bovenkant van de zon boven de horizon staat. We vergelijken het stijgen en het dalen.

Hoe is vandaag de maanbaan en hoe morgen en overmorgen?

Wanneer in de periode van wassende maan de lucht helder is, proberen we enige dagen achter elkaar de hoogte van de maan waar te nemen (bijv. 's middags om vier, vijf en zes uur en 's avonds ook om het uur).

Methodisch-didactische opmerkingen

Wanneer de leerlingen de periode over de ontdekkingstochten al hebben gehad, weten ze waarschijnlijk dat de zeevaarders aan de sterren konden aflezen waar ze ergens op die grote oceaan waren en waarheen ze voeren. In de sterrenkundeperiode laten we zien hoe wij ook nu ons met behulp van de zeven heldere sterren uit de Grote Beer (die samen de vorm hebben van een steelpan of wagen) én de Poolster kunnen oriënteren. Zevende klassers maken graag het kwadrant, een meetinstrument om te bepalen waar op aarde, op welke noorderbreedte, je nu bent.

Het kwadrant ziet er simpel uit; het gebruik spreekt (na enkele verrassingen) voor zich. Toch komt er bij het maken nog heel wat kijken. Voor de gradenverdeling zijn dunne hulppunten en hulpstreepjes nodig. Wanneer de leerlingen gewend zijn te werken met een geo-driehoek kunnen de werkzaamheden overzichtelijk verlopen. (Bij het construeren van de hoeken zijn er veel hulplijnen nodig die later allemaal moeten worden uitgegumd. Eventuele verbeteringen zijn niet gemakkelijk aan te brengen.)

Het kan voorkomen dat bij een leerling de gradenboog mislukt. Bekijk of deze boog met enige kleine aanpassingen wél te gebruiken is voor een 'linksogig' kwadrant. Dan hoeft het preciziewerk niet over worden gedaan. (We bespreken het maken van een kwadrant die je aan de rechterkant afleest.)

Hoe groter het kwadrant is, des te nauwkeuriger kan er worden geconstrueerd. Het aflezen van de metingen kan eveneens preciezer gebeuren.

Benodigheden

- Voor de ondergrond: zeer stevig karton, donkere kleur, 20 cm à 20 cm.
- Voor de gebogen strook: goud- of zilverkarton, eventueel goud- of zilverpapier, of 15,5 cm à 15,5 cm of een 22 cm breed stuk.
Het werken verloopt overzichtelijker, wanneer elke leerling een stuk van 15,5 cm à 15,5 cm ter beschikking heeft (zie afb. 2a). Hierbij ontstaat echter in verhouding veel afval. Er is minder kostbaar karton nodig, wanneer de leerlingen de gradenboog na elkaar uit karton van 22 cm breed knippen (zie afb. 2b). De lengte van het karton hangt af van het aantal leerlingen.
- Dun, stevig draad dat loodrecht valt wanneer er een gewicht aan hangt. De draad moet onder tamelijk donkere omstandigheden te zien zijn op een goud- of zilverkleurige achtergrond.
- Zware, platte knoop of buitenlandse munt met een gaatje in het midden. Dit gewicht komt te hangen aan het draad (als schiet-lood). Ook uit splitpennen of paperclips is een bruikbare platte hanger te maken.
- Lineaal, passer, schaar, geo-driehoek, potlood met scherpe punt, eventueel een pen met watervaste inkt.

Werkwijze

Bij onderstaande nummers hoort een tekening. Deze heeft hetzelfde nummer als de tekst.

1. Neem de meest rechte kant van het karton als bovenkant (b). Punt T komt 2 cm onder de bovenkant en op 2 cm afstand van de rechterkant. Hier gaat later het touw doorheen. Teken evenwijdig aan de bovenkant vanaf T een lijn 15 cm naar links. Teken door T loodrecht op deze lijn een lijn die ook 15 cm is.
2. óf: 2a) Elke leerling neemt zijn goud- of zilverkarton. Prik met de passer rechtsboven een punt. De straal van de passer is 15 cm. Teken (iets meer dan) een kwart cirkel. Verklein de straal van de passer tot 13 cm. Teken de kleinere kwart cirkel. Knip de gebogen strook uit.
óf: 2b) Op de middellijn van het 22 cm brede karton, wordt met de passer een punt geprikt en een kwart cirkel met een straal van 15 cm getekend. Hierbinnen wordt een kwart cirkel met een straal van 13 cm getekend. Knip de gebogen strook uit. De volgende leerling begint iets meer naar rechts en doet hetzelfde.
3. Schuif de kwart cirkel zodanig op het karton dat de binnenboog overal 13 cm van het punt T is verwijderd. Knip zo nodig linksboven en rechtsonder iets af, zodat de uiteinden van de gradenboog precies samenvallen met de lijnen van 15 cm. Plak deze gebogen strook nauwkeurig op.
4. De gradenverdeling vereist heel nauwkeurig werken!
Verdeel eerst de hoek van 90° in 2 hoeken van 45° . Plaats met een scherp potlood een dunne punt (dus geen lang streepje).
Leg een lineaal langs het punt T en dit punt. Zet in het verlengde hiervan direct vóór het goud- of zilverkarton een dun streepje. (Nog niet strepen zetten op het opgeplakte karton, dat bij gummen lelijk wordt.)
5. Teken op overeenkomstige wijze dunne streepjes voor de hoeken van 30° en 60° en daarna voor de hoeken van 15° en 75° . Alle streepjes dienen op gelijke afstanden van elkaar

te staan.

Vervolgens worden voor alle andere hoeken die een veelvoud zijn van 5° op dezelfde wijze dunne streepjes getekend. Wanneer de opeenvolgende streepjes op ongelijke afstanden van elkaar terecht zijn gekomen, moet dat gecorrigeerd worden (millimeterwerk).

6. Wanneer het geheel goed oogt, kunnen op de zilveren of gouden gradenboog bij elke vijfde graad (5, 10, 15 enz.) één cm lange strepen radiaal worden aangebracht (in de richting van punt T). Werk met een lineaal en een scherp potlood of een pen met water-vaste inkt.

Tussen twee van zulke grote strepen worden zonder lineaal vier korte streepjes ingetekend. Schat de onderlinge afstanden met het oog.

De dunne potloodstreepjes op het donkere karton worden weggegomd.

Schrijf in het verlengde van de grotere strepen de getallen 90, 80, 70 enz. zodanig groot op, dat ze ook bij geringe verlichting leesbaar zijn. Begin linksboven met 90 en sla steeds één streep over.

Schrijf bij de tussenliggende strepen iets kleiner 85, 75, 65 enz.

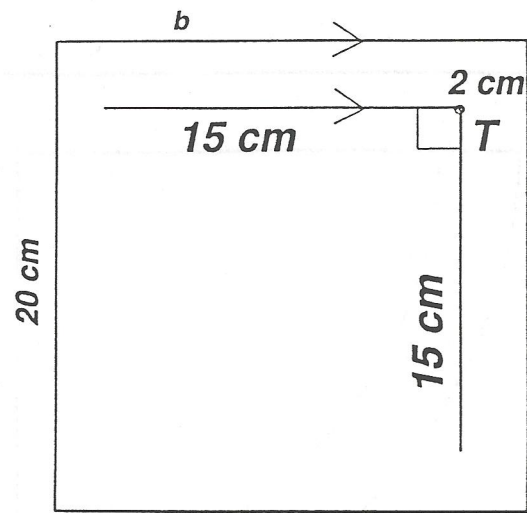
Bevestig de zware hanger aan het dunne draad. Maak een zo klein mogelijk gaatje door T. Steek het draadje er door heen en leg er zoveel knopen in dat het niet meer door het gaatje terug kan schieten. Maak het touw precies zo lang, dat de platte knoop onder de gradenboog gemakkelijk heen en weer kan schuiven. (Het kwadrant moet verticaal worden gehouden.)

7. De leerlingen gaan naar buiten en proberen te ontdekken hoe hun kwadrant werkt. Ze meten de hoogte van een boom, een huis en een flat in de verte en een vogel heel hoog in de lucht. Na enige pogingen bemerken ze hoe ze het kwadrant moeten gebruiken. Plaats de bovenkant van het kwadrant op ooghoogte; kijk hierlangs naar het te meten punt. Bij het meten van iets dat ver weg op ooghoogte staat, moet het kwadrant 0° aangeven. Bij het meten van een hoge flat moeten we een grotere waarde krijgen dan bij het meten van het huis dat er naast staat. In tekening 6 geeft het kwadrant 3° aan. Bij het meten van iets dat heel hoog boven ons is, moet het kwadrant bijna 90° aangeven.

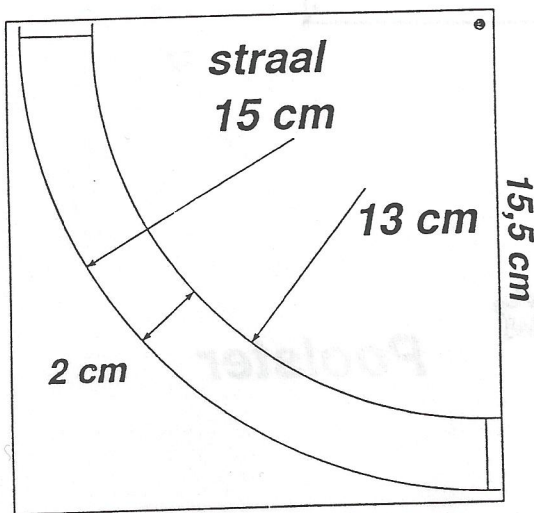
We vergelijken hoe nauwkeurig onze meetinstrumenten zijn geworden. We gaan bijv. 's nachts 'poolshoogte nemen': we meten de hoogte van de Poolster. In Utrecht moet het kwadrant 52° aangeven.

Een mathematische toelichting (zie afb. 7):

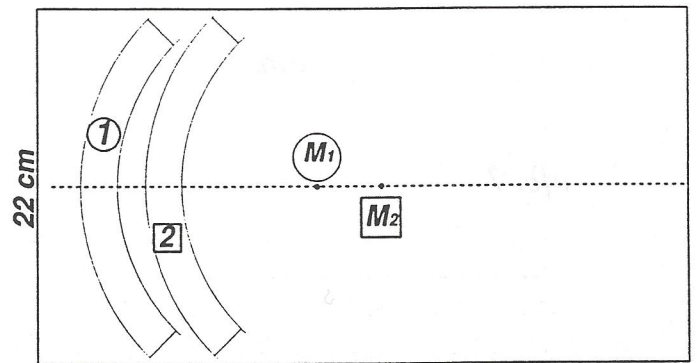
- Ik ben in Utrecht en kijk met het kwadrant naar de Poolster. Ik weet dat de denkbeeldige lijn door mijn oog, de bovenkant van het kwadrant en de Poolster een hoek van 52° maakt met de aarde.
 - De draad hangt loodrecht; het schietlood maakt een hoek van 90° met de aarde. Ik verleng in mijn voorstelling de draad; deze snijdt de lijn Poolster-oog onder een hoek van 180° min 90° min 52° , ofwel 38° . De hoek tussen de lijn door T die evenwijdig loopt aan de bovenkant van het kwadrant en het schietlood is dus ook 38° .
- De hoek tussen de beide lijnen in T is 90° ; de hoek tussen de draad en de andere lijn door T is $90^\circ - 38^\circ = 52^\circ$.



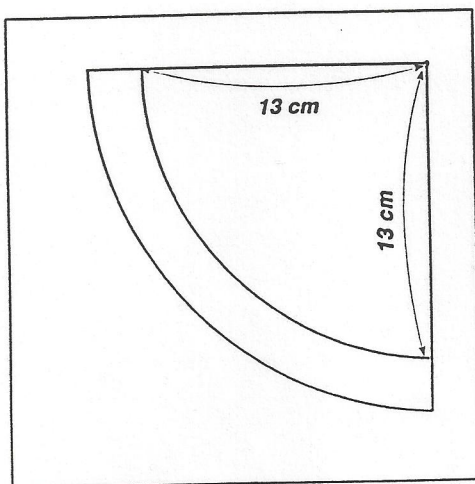
afb. 1



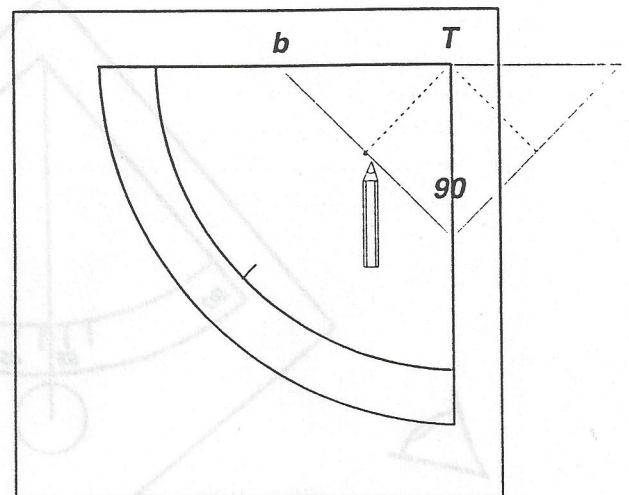
afb. 2a



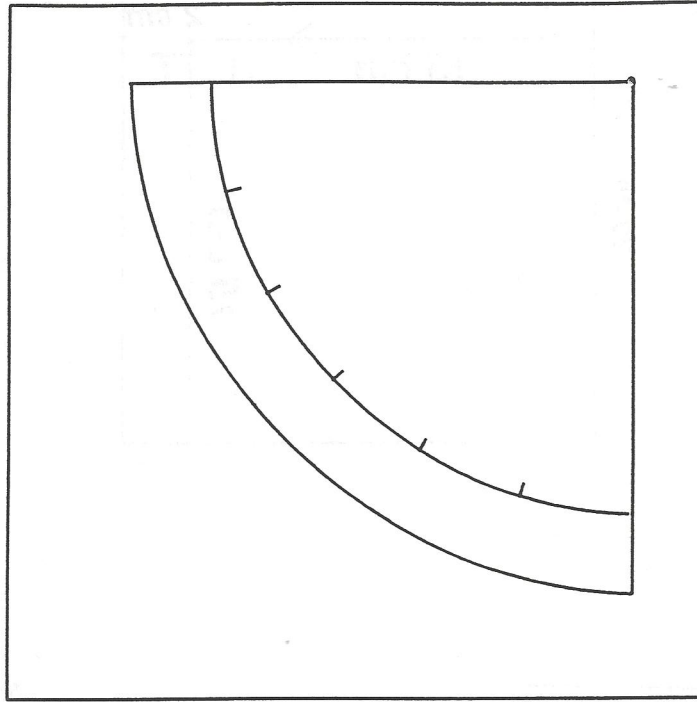
afb. 2b



afb. 3



afb. 4



afb. 5

afb. 7



Poolster

