

Science in Intermezzo

# Blok 1: Het Heelal



Naam: \_\_\_\_\_

Klas: \_\_\_\_\_

# Welkom bij het vak science!

## *jaarprogramma*

In dit vak werken we aan vier verschillende thema's, die allemaal te maken hebben met de Natuurwetenschappen:

- |            |                                                     |
|------------|-----------------------------------------------------|
| 1. Heelal  | periode 1 (tot de herfstvakantie)                   |
| 2. Dieren  | periode 2 (tot net na de kerstvakantie)             |
| 3. Water   | periode 3 (tot een paar weken na de crocusvakantie) |
| 4. Energie | periode 4 (tot de zomervakantie)                    |

1. In het eerste thema leer je op welke wijze er in de natuurwetenschappen wordt gewerkt, aan de hand van de geschiedenis van het waarnemen van het heelal.

Je gaat ook zelf natuurwetenschappelijke waarnemingen doen en modellen maken.

2. In het tweede thema maken we met de hele klas een grote diertuin. Ieder tweetal ontwerpt en bouwt een optimaal verblijf voor één diersoort. Hierin kan het dier fijn en gezond leven, maar kan het publiek het dier ook goed observeren. Dit vergt veel denk- en opzoekwerk, want: wat eet het dier eigenlijk? Hoe houd je het veilig voor dier, verzorger en bezoeker? Hoe zorg je ervoor dat dieren zich niet vervelen?

Om inspiratie op te doen (of om te kijken of ze het daar wel goed genoeg doen) bezoeken we met z'n allen Burger's Zoo.

3. In thema drie gaan we aan de slag met water. Onze hele planeet is ermee bedekt. Water heeft vele bijzondere eigenschappen. We onderzoeken hoe voorwerpen (en dieren) kunnen blijven drijven, en we ontwerpen en bouwen ons eigen (schaalmodel van een) schip, dat we ook echt laten varen.

4. In het vierde thema houden we ons bezig met Energie. Wat is energie eigenlijk? Wat kun je doen met energie? Hoe komen we aan energie, en wat betekent dat voor het klimaat op Aarde? We ontwerpen en bouwen een (model van) een zo energiezuinig mogelijke woning.

Naast het werken aan deze vier thema's houden we ook het nieuws uit de natuur bij. Elke les presenteren twee leerlingen heel kort een nieuwtje uit een krant, tijdschrift of ander actueel medium over een onderwerp op natuurwetenschappelijk gebied.

## Wat is Science?

"Science" is Engels voor "wetenschap". Het komt uit het Latijnse scientia, dat "kennis" betekent. Het is een systematische werkwijze waarmee kennis wordt verzameld, uitgebreid en georganiseerd. Dit wordt gedaan door het bedenken van verklaringen en hypotheses (=voorspellingen die je kunt testen in een experiment of met andere waarnemingen) over het universum. Deze hypothesen worden vervolgens getoetst. De verklaring of hypothese moet dus toetsbaar zijn.

*Bijvoorbeeld: de hypothese "maïs groeit hoger bij 30°C, dan bij 20°C" kun je toetsen in een experiment. Je kweekt dan maïsplanten bij die twee verschillende temperaturen en meet steeds de lengte van de planten.*

In Nederland worden met "science" vooral de natuurwetenschappen bedoeld: natuurkunde, scheikunde, (fysische) aardrijkskunde en biologie. Deze wetenschappen bestuderen het materiële universum. De sociale wetenschappen bestuderen mensen en samenlevingen. Beide wetenschappen zijn gebaseerd op het doen van waarnemingen. De formele wetenschappen bestuderen logica en wiskunde. Zij zijn niet afhankelijk van waarnemingen. Vakgebieden die gebruik maken van wetenschap, zoals techniek en geneeskunde, kunnen ook beschouwd worden als toegepaste wetenschappen.

De geesteswetenschappen bestuderen de "geestesproducten" van de mens: taalwetenschappen, muzikwetenschap, geschiedenis, filosofie, literatuurwetenschap, cultuurwetenschap, kunstgeschiedenis en theologie.

De mensheid doet al heel lang waarnemingen aan zijn omgeving het universum, van de kleinste dingen vlakbij tot en met de verste objecten in het heelal. Hoe meer je weet over je omgeving, hoe beter je daarin kunt leven. In deze reader gaat het over waarnemingen aan de hemellichamen. Er wordt duidelijk gemaakt, hoe natuurwetenschappelijke kennis wordt verkregen, en welke geleerden daarbij een belangrijke rol hebben gespeeld.

**Opdracht 1:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

## 1.1 Observeren

### **Waarnemingen aan de hemellichamen**

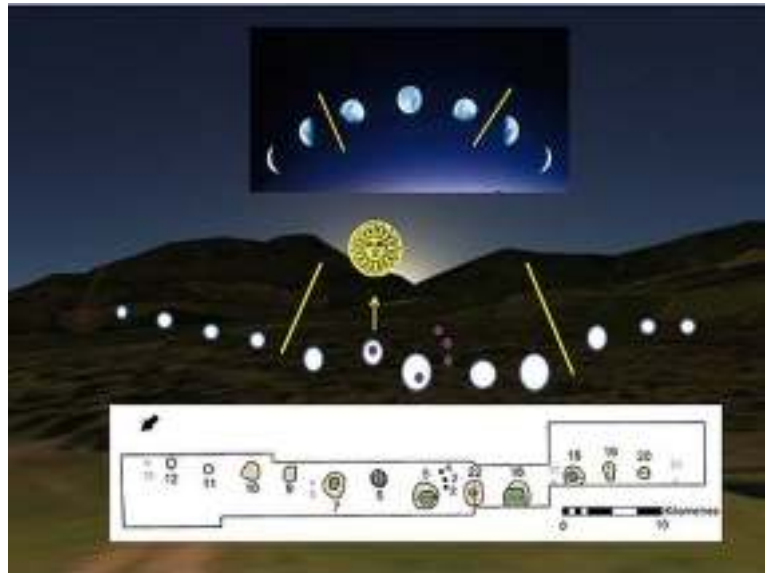
De oudste nu bekende sporen van het doen van hemelwaarnemingen door de mens komen uit de verre prehistorie, en bestaan uit ca. 30.000 jaar oude botten, met inkervingen (=diepe krassen), die mogelijk de maanfasen weergeven.



afb. 1: bot met inkervingen uit Abri Blanchard

Uit de steentijd, ca. 8.000 jaar v.Chr, uit Schotland, zijn maan-vormige kuilen bekend, die mogelijk bedoeld waren om de omlopen van zon en maan vast te leggen. Geschriften uit die tijd zijn er echter niet.

Dat geldt ook voor de Nebra Hemelschijf, uit de bronstijd, ca 1.600 v.Chr, uit Duitsland. Deze bronzen schijf is 30cm doorsnede en ingelegd met goud. Waar hij voor gebruikt werd, is men het niet over eens: kalender of hulp bij astronomische waarnemingen zijn beiden mogelijk



afb.2: de maankuilen van Warren Fields

In de Klassieke Oudheid was het bestuderen van de hemel en de hemellichamen vooral weggelegd voor priesters. In beschavingen zoals de Babylonische of Egyptische, maar ook in die van de Azteken of Chinezen, werd kennis van de sterren gebruikt voor allerlei voorspellingen. Deze kennis was zowel gericht op praktisch gebruik (inzaaien van gewassen of oogsten) als ook voor religieuze zaken: het aanbidden van Goden of de kroning van vorsten. Diverse gebeurtenissen aan de hemel (vallende sterren, verduisteringen) werden ook geïnterpreteerd of geduid om zo tot beslissingen te kunnen komen. Deze manier van kennis vergaren en gebruiken wordt astrologie genoemd. Ook horoscopen zijn voorbeelden van astrologie.



afb. 3: Nebra hemelschijf

De huidige wetenschappelijke manier van kennis vergaren over het heelal noemen we astronomie. Astronomie is gebaseerd op observaties en studie van sterrenstelsels en planeten. Het probeert natuurkundig te verklaren wat we aan het heelal waarnemen.

**Opdracht 2:** Geef van elk van de volgende stelling aan of deze beter bij de astrologie past, of beter bij de astronomie. Leg uit waarom je dat zo is.

- De maan maakt in  $\pm 365$  dagen een ronde rond de zon. \_\_\_\_\_
- Mensen met het sterrenbeeld stier zijn vaak koppig. \_\_\_\_\_

• "Als Orion en Sirius aan de mid hemel staan (...), O Perzen, verzamel dan uw druiven en breng ze naar huis." \_\_\_\_\_

• Helios rijdt met zijn stralende zonnwagen door de hemel en brengt de mensen licht.

---

• Doordat de aarde draait, wordt het 's morgens licht. \_\_\_\_\_

• Farao's worden na hun dood sterren rond de Noordpool \_\_\_\_\_

**Opdracht 3:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

## 1.2 Observeren op natuurwetenschappelijke wijze

Goed waarnemen is de basis van de natuurwetenschap. In een reeks goede waarnemingen kun je een patroon herkennen, en daaruit een algemene conclusie trekken. Dit heet inductie; zo komen we aan nieuwe kennis. Om erachter te komen hoe dit proces werkt, gaan we zelf systematisch waarnemingen doen. Een ruime maand lang kijk je iedere dag naar de maan. Dat doe je 's avonds, 's morgens, of overdag, afhankelijk van waar de maan aan de hemel te verwachten is en van de bewolgingsgraad. Kies een waarneemplek met zoveel mogelijk vrij uitzicht op de horizon. De maan is een bol, maar je ziet meestal maar een deel van de maan. Het lijkt dan of de maan bijvoorbeeld alleen een 'sikkel' is. Hoe de maan eruit ziet vanaf de aarde, noem je de schijngestalte.

**Opdracht 4:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

## 1.3 Waarnemingen aan de hemellichamen

Met behulp van allerlei hulpmiddelen kun je tegenwoordig veel nauwkeurigere waarnemingen aan het heelal doen dan vroeger. Nu zijn er goede telescopen en satellieten, waarmee je bijvoorbeeld planeten kunt bestuderen. Vroeger kon dat niet, maar wilde men toch graag verklaren wat men zag. Zonder telescoop kun je 6 planeten zien, dus bestudeert men die al heel lang.

### 1.3.1 Het geocentrisch wereldbeeld

De eerste keer dat het opschrijven van de kennis over het Heelal op een structurele manier gebeurde, was bij de Oude Grieken. Uiteindelijk is veel van deze kennis samengevat in de werken van Aristoteles, vandaar dat we spreken van het aristoteliaanse wereldbeeld. Belangrijk in het werk van Aristoteles, dat later is verfijnd door Ptolomaeus en daarna ongewijzigd nog 1500 jaar de standaard bleef, is de scheiding tussen het bovenmaanse en het ondermaanse. Het heelal is in dit beeld verdeeld in sferen (bollen) om de aarde heen, zoals in de afbeelding te zien is. Volgens de Grieken waren de planeten afspiegelingen van de Goden, en dus ook perfect. De Aarde was echter niet-goddelijk en ook de Maan, die het dichtst bij de Aarde staat was niet perfect.

De tweedeling tussen alles beneden de Maan en alles erboven was heel radicaal. In het bovenmaanse is alles perfect: de planeten zijn perfecte bollen, die met een constante snelheid perfecte cirkelbanen (perfect want ze hebben geen begin en geen eind) beschrijven om de aarde en dit ook eeuwig blijven doen. De aarde staat stil. De wiskunde is de ideale manier om de perfecte wereld van het bovenmaanse te beschrijven.

In het ondermaanse zijn bewegingen niet cirkelvormig, maar rechtlijnig (daar was – vanuit een moderne kijk op de zaken vreemd genoeg – geen discussie over). In het ondermaanse is alles vergankelijk, tijdelijk en imperfect. De natuurfilosofen probeerden eigenschappen (essenties) te herkennen in het ondermaanse, als een zwakke afspiegeling van het perfecte bovenmaanse.

**Opdracht 5:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

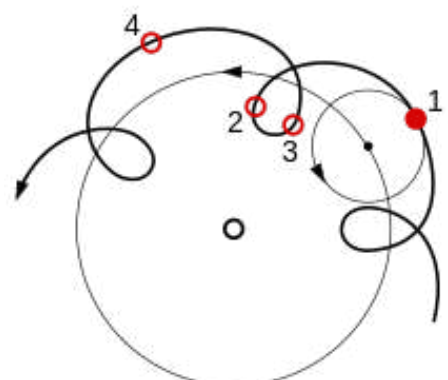
**Opdracht 6:** bestudeer de afbeelding van de sferen van het geocentrisch wereldbeeld. Noteer in je schrift decijfers 1 t/m 10 onder elkaar, en schrijf erachter wat zich volgens afbeelding 4 in die sfeer bevindt. Noteer eerst het latijn, zet de vertaling erbij.

De tweedeling in het onder- en bovenmaanse maakte het doen van natuurwetenschap zoals wij die nu kennen onmogelijk. Het beeld van de planeten die als perfecte cirkels om de Aarde draaien bleek bij nauwkeurige bestudering niet houdbaar, de banen van de planeten vertoonden toch kleine afwijkingen van de perfecte cirkels. Ptolemaeus heeft in de tweede eeuw na Christus eindeloos gegevens verzameld over de posities van planeten verschillende tijdstippen. Ptolemaeus kon

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum.



afb.4: het geocentrisch wereldbeeld



afb.5: draagcirkel met epicykel

de afwijkingen van de planeetbanen perfect verklaren door aan te nemen dat iedere planeet draaide op een kleine epicykel (bijcirkel), die op een grotere draagcirkel om de Aarde draaide (zie afbeelding).

Hiermee wordt onder andere de retrograde beweging van Mars prima verklaard. Het toevoegen van deze epicykels werd ook in de Oudheid al niet heel gelukkig gevonden; het doet aan als een kunstgreep om het model te redden. In de optiek van wetenschapsfilosoof *Thomas Kuhn* is dit een voorbeeld van een paradigma dat onder druk komt te staan. Met name de retrograde beweging is een typisch voorbeeld van een anomalie, die alleen door een gezochte verklaring gered kan worden.



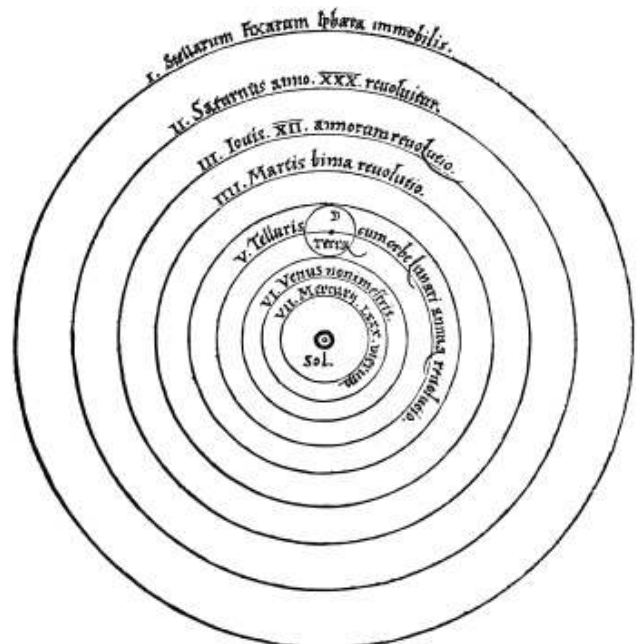
afb 6: retrograde beweging van Mars

**Opdracht 7:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

### 1.3.2 Naar een heliocentrisch wereldbeeld

Het model van Ptolemeaus voldeed weliswaar redelijk om de bewegingen van diverse planeten te kunnen beschrijven en voorspellen. Maar met alle draagcirkels en bijcirkels was het model wel ingewikkeld en alleen te volgen als je wiskundig goed geschoold was. Door deze complexiteit was het niet een heel toegankelijk model en bovendien niet erg elegant. Dat vond ook de Poolse wiskundige, sterrenkundige, jurist en kanunnik Nicolaus Copernicus (1473-1543). In zijn boek beschrijft hij een eenvoudiger model om dezelfde waarnemingen te verklaren, waarbij de Zon in het centrum staat, en de Aarde en andere planeten daar omheen draaien: het heliocentrische model. Hij werd daarbij geïnspireerd door Aristarchus van Samos die dit ruim 1700 jaar eerder al bedacht had. In het (anonieme) voorwoord wordt het werk van Copernicus een hypothese genoemd. Er wordt nadrukkelijk in uitgelegd dat het hier gaat om een wiskundige gedachtenoefening, die niet per se iets over de werkelijkheid zegt. Hierin is nog goed te zien hoe het (wiskundige) bovenmaanse en de fysische waarnemingen van het benedenmaanse strikt van elkaar gescheiden worden.

*Na het uitbrengen van het werk van Copernicus was het absoluut nog niet gedaan met het geocentrische model. In 1546 al schreef een monnik dat de 'hypothese' van Copernicus verworpen diende te worden, aangezien deze niet in overeenstemming te brengen was met de Heilige Schrift (de Bijbel). Tycho Brahe (1546-1601) doet extra waarnemingen en voert verfijningen uit binnen het geocentrische model. Hij meent dat daarmee de hypothese van Copernicus afdoende verworpen is. Ook andere geleerden die ingevoerd waren in de Aristoteliaanse natuurfilosofie hebben moeite met de gedachte dat de Aarde zelf draait. Zij komen met 'wetenschappelijke' tegenargumenten. Typierend voor de*

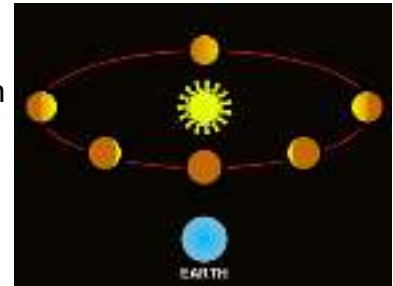


afb. 7: Heliocentrisch model van Copernicus

manier waarop deze 'wetenschappelijke' discussie zich afspeelde is, dat deze geheel op grond van gedachten werd gevoerd. Alle argumenten in de discussie werden ontleend aan denken of denkers, met als enige uitzondering Brahe, die zelf waarnemingen deed. Ook de reden hiervoor was gelegen in het feit dat alle experimenten per definitie in het ondermaanse (op aarde) zouden moeten gebeuren, terwijl de planeten horen bij het domein van het bovenmaanse.

**Opdracht 8:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

Pas ongeveer een volle eeuw later meent Galileo Galilei (1564-1642) dat het model van Copernicus meer is dan een gedachtenoefening. Hij weerlegt een aantal van de argumenten van diverse geleerden, onder andere door zelf ook onderzoek te doen. Eén van de belangrijke stappen die hij daarbij zet, is het gebruik van de telescoop voor het beter waarnemen van hemellichamen. Hiermee ziet hij o.a. de manen van Jupiter, de ringen van Saturnus en de schijngestalten van Venus. Galilei komt door zijn standpunten zwaar in conflict met de Kerk. In 1616 gebiedt kardinaal Bellarminus hem om de gedachten van Copernicus af te doen als een onzinnige hypothese. Galilei weigert dit echter, en wordt in een proces in 1632 veroordeeld tot huisarrest. Dit weerhoudt hem echter niet om via verkapte vergelijkingen over dit onderwerp te blijven publiceren, en volgens de overlevering mompelt hij na zijn verloren proces nog in de rechtzaal: "E por se movo!" ("En toch draait zij!").



afb. 8: de schijngestalten van Venus

*Het standpunt van de Katholieke Kerk klinkt tegenwoordig vreemd; het is met alle kennis van nu helder dat Galilei het bij het juiste eind had. Maar is het juist om het standpunt van de Kerk in haar strijd tegen Galilei af te doen als dom? Wetenschapsfilosoof Paul Feyerabend doet hierover een belangrijke uitspraak. Hij stelt dat de paradigma's waarop de Katholieke Kerk zich destijds baseerde minstens zo sterk (waarschijnlijk sterker) waren als de kennis waarop Galilei zijn heliocentrische wereldbeeld baseerde.*

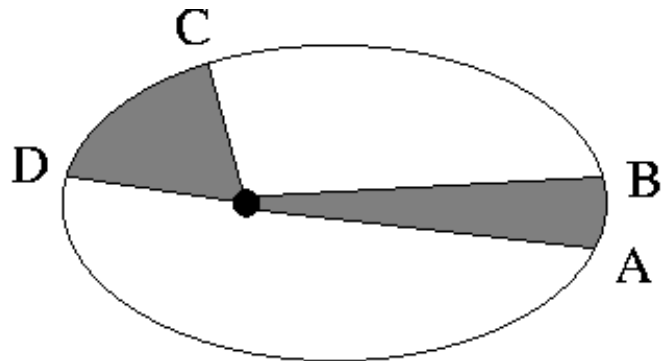
**Opdracht 9:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

Het dispuut tussen de twee modellen blijft nog gedurende lange tijd bestaan. Kepler (1571–1630), de opvolger van Brahe, doet zijn leven lang waarnemingen met een telescoop. Zijn waarnemingen zijn zo gedetailleerd, dat hij aantoonde dat de banen van planeten in werkelijkheid ellipsen zijn en geen goddelijk perfecte cirkels. Bovendien vindt hij een verband tussen de omlooptijd van een planeet en de afstand van die planeet tot de Zon. Dit verband blijkt te gelden voor alle planeten! Daarmee is het model van Copernicus veel krachtiger dan dat van Ptolemeus, waarin voor iedere planeet een aparte verklaring nodig is. Door het werk van Kepler wordt duidelijk dat op grond van het "scheermes van Ockham" het heliocentrische model voorkeur verdient boven het geocentrische model. Toch blijft de weerstand tegen het heliocentrische beeld bestaan: Nietzsche (1844-1900) bijvoorbeeld verwierp het heliocentrische model omdat het in zou gaan tegen de zintuiglijke waarneming. En de Rooms-Katholieke Kerk heeft pas in 1992 toegegeven dat Galilei ten onrechte is veroordeeld.

**Opdracht 10:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

### 1.3.3 Het heliocentrisch model

Voor de wetenschap wordt het pleit definitief beslist door Isaac Newton (1642–1727). In 1687 publiceert hij zijn *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* waarin hij zijn zwaartekrachtstheorie beschrijft. Door aan te nemen dat een voorwerp waarop geen kracht werkt altijd ongewijzigd zijn baan vervolgt en dat er op planeten slechts één kracht werkzaam is (de zwaartekracht) kan hij de resultaten van Kepler naadloos beschrijven. Hiermee is er een theoretische basis gelegd onder het heliocentrische model, waarmee de bewegingen niet alleen meer beschreven worden, maar ook verklaard zijn. De theorie van Newton is – met een relativistische toevoeging door *Einstein* – heden ten dage nog steeds geldig. Wanneer de theorie van Newton vergeleken wordt met eerdere theorieën valt op dat de scheiding tussen natuurfilosofie en wiskunde helemaal is weggefallen: Newton schrijft zijn wetten in de taal van de wiskunde, en zijn wetten zijn net zo geldig in ondermaanse als in het bovenmaanse. Deze ontwikkeling is ingezet bij Galilei en na het werk van Newton niet meer weg te denken uit de hedendaagse (natuur)wetenschap.



afb. 9: De perkenwet van Kepler: Wanneer een planeet in dezelfde tijd van A naar B gaat als van C naar D, zijn de gearceerde oppervlakken even groot

**Opdracht 11:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

**Opdracht 12 hoe teken je een ellips?** Leg een blanco vel A4-papier dwars voor je op een even groot stuk karton. Prik twee punaises ongeveer twee handbreedtes uit elkaar op het midden van het papier in het karton. Knoop een dun touwtje van ca. vijf handbreedtes lang met de uiteinden aan elkaar, leg dit plat op het papier, om de punaises heen. Vorm van het touwtje een driehoek, met de twee punaises en de punt van je potlood als hoekpunten. Beweeg nu je potlood over het papier rond de punaises, waarbij je het touwtje continu gespannen houdt met je potloodpunt. Wanneer je bij het vertrekpunt bent aangekomen, heb je je eerste ellips getekend. De punaises staan elk in een brandpunt van de ellips.

*Aan deze ontwikkeling is ook bijgedragen door het 17<sup>e</sup>-eeuwse Nederlandse genie Christiaan Huygens (1629–1695) die zich al vroeg, en met weinig moeite de algebra van René Descartes (1596–1650) had eigen gemaakt en die de ringen rond Saturnus heeft ontdekt. Descartes maakte in zijn werk korte metten met de denkbeelden van Aristoteles. Goede vriend van Descartes (en vader van Christiaan) Constantijn Huygens (1596–1687) schreef in 1650 ter herdenking een grafschrift dat luidde: 'Hier ligt Descartes. En met hem zal voor eeuwig begraven liggen Descartes' slachtoffer, de overwonnen Aristoteles.' (Bron: Jorink, E. (2006) Het Boeck der Natuere – Nederlandse geleerden en wonderen van Gods Schepping 1575-1715, p.17)*

**Opdracht 13:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

## 1.4 Omwentelingen

De overgang van geocentrisch naar heliocentrisch wereldbeeld valt binnen een veel groter geheel waarbij de wetenschap verandert naar de vorm die we nu ook nog kennen. Deze overgang wordt vaak aangeduid met de term 'wetenschappelijke revolutie', omdat de omwenteling op een aantal gebieden echt volledig is. Het is echter wel goed te bedenken dat het gaat over een revolutie die vele eeuwen in beslag heeft genomen!

*Stellen dat deze 'revolutie' startte in 1543 (naast de publicatie van het werk van Copernicus was dit ook het jaar waarin Vesalius zijn magistrale *Humani corporis fabrica libri septem* publiceerde, een zevendelig werk over de bouw van het menselijk lichaam) is te kort door de bocht. Al in de 14<sup>e</sup> eeuw zijn er aanwijzingen voor een veranderende kijk op de wereld te vinden. De wetenschappelijke prestaties in de Arabische wereld worden dan zelfs voor het gemak (of uit eenzijdig Westers denken) nog buiten beschouwing gelaten. De revolutie eindigt ook niet bij Newton, maar dat het werk van Newton een mijlpaal genoemd mag worden staat buiten kijf. Een belangrijke ontwikkeling – mede ingegeven door Descartes en in de Nederlanden radicaal uitgedragen door Baruch Spinoza (1632–1677; onder andere filosoof, wiskundige en politiek denker) – is de kijk op Gods wonderen of mirakels. Theologie en wetenschapsfilosofie (natuurwetenschappen) werden van elkaar losgekoppeld. De wonderen konden voortaan vanuit de nieuw ontdekte natuurwetten worden verklaard. De zienswijze van Descartes en Spinoza wekte (o.a. in Nederland) echter veel weerstand op en in de 18 de eeuw gaan wetenschap en geloof weer hand in hand; het is God die de natuur bestuurt en een lofzang op de natuur is een lofzang op de Almachtige Schepper.*

*Belangrijk om te zien is dat de ontwikkelingen in de wetenschap niet alleen maar betrekking hebben op de wetenschappen die we tegenwoordig kennen de natuurwetenschappen. Ook de wetenschappen die nu onder de geesteswetenschappen zouden vallen maakten een grote ontwikkeling door.*

De omwenteling – de eerder genoemde wetenschappelijke revolutie – is vooral goed te zien op het gebied van bewijsvoering. Werd er in de Middeleeuwen nog vooral een beroep gedaan op autoriteit (de Bijbel), nu kenmerkt de wetenschap zich vooral door experimenteren. De beweringen die gedaan worden zijn niet langer waar op grond van wie het gezegd heeft, maar worden kritisch tegen het licht gehouden en onderzocht. Een stelling moet controleerbaar zijn, waarbij verschillende onderzoekers tot hetzelfde resultaat moeten komen. Een ander aspect dat daarbij aansluit, is het gebruik van meetinstrumenten. Galilei was de eerste die gebruik maakte van een instrument dat de mogelijkheden van de zintuigen oversteed. Na hem zijn vele andere voorbeelden van meetinstrumenten en meetmethoden te geven: thermometers, klokken, microscopen, indicatoren, etcetera. Tenslotte noemen kan hier nogmaals het verdwijnen van de scheiding tussen het



afb 10: Isaac Newton  
(door Marcel Gotlib)

ondermaanse en het bovenmaanse, met als meest concrete verandering de andere waardering die er aan het vak wiskunde wordt toegekend.

**Opdracht 14:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

*Duidelijk is ook dat er bij de wetenschappelijke revolutie (die we hier verder zullen beperken tot de overgang van een geocentrisch wereldbeeld naar een heliocentrisch wereldbeeld) sprake is van een duidelijke paradigmaverschuiving, zoals beschreven door Kuhn. Met de voltooiing van de theorie van Newton is duidelijk dat de aannames uit de leer van Aristoteles (bijvoorbeeld de scheiding tussen ondermaans en bovenmaans) geheel verworpen zijn, en dat er andere aannames voor in de plaats zijn gekomen (bijvoorbeeld de gedachte dat de natuur in de taal van de wiskunde geschreven is).*

Wanneer er alleen naar het helio- en geocentrische model gekeken wordt, kun je zeggen dat het heliocentrische model meer kan verklaren dan het geocentrische model. Bovendien heb je in het nieuwe model minder aannames nodig om de planeetbanen correct te beschrijven. De zwaartekrachtswet van Newton beschrijft namelijk op precies dezelfde manier alle planeten om de zon en alle manen om de planeten; er is niet meer voor ieder hemellichaam een eigen set van aannames nodig. Volgens het scheermes van Ockham verdient het heliocentrische model dus ook daarom de voorkeur.

**Opdracht 15:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

### **De natuurwetenschappelijke methode**

Met Galilei komt er een nieuwe manier om tot kennis te komen, de natuurwetenschappelijke methode. Ook hier is het beginpunt vaak dat je een idee hebt over hoe de werkelijkheid in elkaar zit. Deze ideeën komen na verloop van tijd samen in een omvattend model of theorie. Het is goed om er op te wijzen dat deze theorieën en modellen altijd een tijdelijk karakter hebben! In de natuurwetenschappelijke methode is de enige manier om te kijken of de theorie waardevol is, deze theorie aan tests te onderwerpen. Je doet dus experimenten waarmee je kijkt of je model de resultaten goed kan voorspellen. En daarbij kom je alleen tot nieuwe kennis als de hypothese, die je op grond van je theoretische model hebt opgezet, door de resultaten van het experiment kan worden verworpen (*Karl Popper*).

**Opdracht 16:** noteer de onderstreepte woorden uit de voorgaande tekst onder elkaar in je schrift, en zet achter elk een korte omschrijving of definitie.

**Leuk om te doen:**

Installeer Google Sky Map (Android). Dat is een gratis app van Google\*.

Als je je telefoon dan op de sterren richt, komt er bij te staan hoe de sterren heten (als je kompas in de telefoon werkt). Ook kan de app je vertellen waar de planeten staan. Je kunt dan ook controleren of je het verschil tussen een ster en een planeet goed gezien hebt. Als je wilt, kan de app je ook vertellen hoe de sterrenbeelden heten.

Je kunt ook naar beneden richten, dan zie je waar je sterren en planeten aan de andere kant van de aardbol zijn.

\*) op iPhone neem je SkyView Free of NightSky 4

**Leuk om te doen:**

Met een verrekijker kun je naar de sterren en planeten kijken. Met een echte sterrenkijker kun je verder inzoomen, maar met een verrekijker kun je al heel wat zien.

**Maan:** Met stip op nummer 1 is de maan. Je raakt nooit uitgekeken op de vele kraters, bergen, maria (donkere vlekken op de maan, waarvan men vroeger dacht dat het zeeën waren). Het meeste is te zien bij de terminator, dat is de grens tussen het verlichte en het donkere deel van de maan.

**Jupiter:** De grote gasplaneet waar de aarde meer dan 1000x in kan. Raak in vervoering door de vier manen die om de gasreus heen cirkelen. Telkens op een ander plekje.

Op deze site staan nog meer voorbeelden van objecten om te bekijken met je verrekijker:

<https://natuurgadgets.nl/blog/sterren-kijken-met-een-verrekijker/>

*Op de universiteit kun je iedere laatste vrijdag van de maand sterren gaan kijken (als het niet bewolkt is). Ook is er een sterrenkundevereniging in de Nijmegen: Saturnus. Zij hebben ook een jeugdvereniging.*



## Nieuws uit de natuur

- Iedere week verdiepen we ons in het laatste nieuws uit de natuur, de techniek en de wetenschap (fundamenteel of toegepast). Iedere week spreken we af wie er een nieuwtje over natuur, techniek of wetenschap zoekt en er kort in de klas over vertelt.
- Als je aan de beurt bent, zoek en lees je een artikel over natuur, techniek of wetenschap dat je interessant lijkt. Zoek in de krant, in een tijdschrift of op het web.
- Schrijf voor je presentatie van maximaal 2 minuten kort en leesbaar de volgende dingen op een blaadje (gebruik het sjabloon op de volgende pagina, neem het mee de les in!):
  1. De titel van het artikel.
  2. De bron: URL (=webadres), of titel en datum van krant of tijdschrift.
  3. De belangrijkste conclusie/wetenswaardigheid van het artikel
  4. Wat de mensheid aan dit nieuws/deze ontdekking/dit weetje heeft.
  5. Waarom jij het zelf een interessant nieuwtje/ontdekking/weetje vindt.
- Laat één afbeelding uit het artikel zien (of zoek er een bij). Dit plaatje maakt het voor de klas duidelijker waarover je vertelt. Mail dit vóór de les als .jpg of .png aan je docent.

Titel:

Bron:

Wat is er aan de hand?

Wat heeft de mensheid hieraan?

Wat spreekt jou hierin aan?

- zorg voor één duidelijke afbeelding, mail deze vóór de les als jpg of png-bestand
- noteer jouw NudN op of volgens dit sjabloon en neem het op papier mee de les in

## Maanpdracht

Kijk op <<https://hemel.waarnemen.com>> of in de krant, en schrijf elke week in je schrift voor minstens vier dagen in die week hoe laat de maan opkomt en onder gaat. Kijk als het niet 100% bewolkt is op een geschikt tijdstip of je de maan kunt zien.

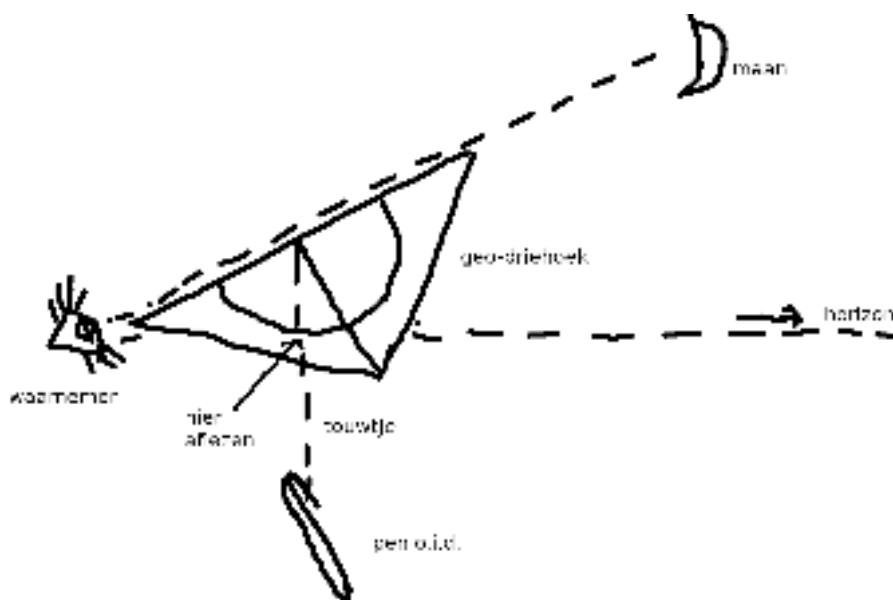
Probeer daarnaast ook op één gunstige dag op zoveel mogelijk tijdstippen waarnemingen te verzamelen (wel met telkens een uur ertussen).

In de tabel op de volgende bladzijde noteer je je waarnemingen:

- De datum en tijd
- Teken de maanfase, dus hoe je de maan ziet; welk deel is verlicht, welk deel donker? Zie je dus een sikkkel, een halve cirkel of bijv. een hele cirkel
- Maak een schatting van de hoogte boven de horizon. Noteer deze in graden, met behulp van een geo-driehoek, een touwtje en een pen (zie afbeelding hieronder).
- Maak een zo goed mogelijke schatting van de horizontale richting (Zuid, West, Zuid-Oost, ZW, ZO, ZZW, WZW, etc.), zo mogelijk in graden m.b.v. een kompas (app!).
- Maak een foto van de maan (evt. vergroten!) en deel deze met de klas.

Wanneer het de hele dag en nacht bewolkt is, teken je alleen een wolkje.

Over ca. een maand bespreken we de waarnemingen en proberen we ze te verklaren.



*afb. 11: bepaling van de hoogte van de maan boven de horizon: lees het kleinste getal af, de hoogte is  $90^\circ$  min dit getal.*

## tabel Maanwaarnemingen

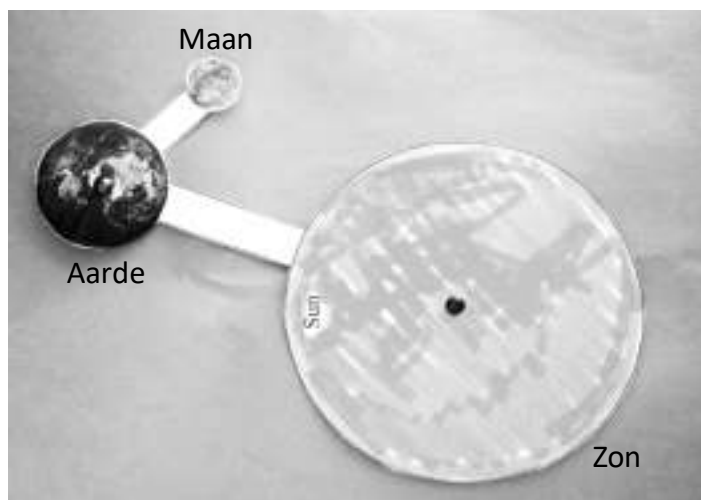
	Datum + tijd	Schets maan	Hoogte (graden)	Richting (O/Z/W)		Datum + tijd	Schets maan	Hoogte (graden)	Richting (O/Z/W)
1					16				
2					17				
3					18				
4					19				
5					20				
6					21				
7					22				
8					23				
9					24				
10					25				
11					26				
12					27				
13					28				
14					29				
15					30				

## Je eigen modellen van de zon, maan en aarde.

Een planetarium is een model van het zonnestelsel. Met een eigen mini-planetarium is het makkelijker om bijvoorbeeld een zonsverduistering te begrijpen of de schijn gestalten van de maan. Een model is een versimpelde weergave (afbeelding, 3D-voorwerp of beschrijving) van de werkelijkheid. Je gebruikt het om ingewikkelde onderwerpen te verduidelijken. Dit kan bijvoorbeeld een tekening zijn die het heliocentrisch wereldbeeld duidelijker maakt. Het kan ook een klein vliegtuigje zijn, waarmee je het vliegen kunt uittesten. Een maquette van een woning laat mogelijke kopers beter zien hoe de ruimtes in die woning zijn vormgegeven. Een planetarium is ook een model.

**Opdracht A:** Met behulp van een vel stevig papier en drie splitpennen maak je als volgt een heliocentrisch mini-planetarium:

1. Teken op het vel eerst een rechte strook van 2cm breed langs één van de lange zijden. Verdeel die strook in een stuk van 8cm lang en een van 21cm lang. Zet een stip op het midden van elke strook op 1cm van elk uiteinde.
2. Teken naast de strook een grote cirkel (15cm doorsnede), een kleinere van 6cm doorsnede en een kleine van 4cm doorsnede, Zet een stip op het middelpunt van elke cirkel.
3. Knip de onderdelen van het mini-planetarium uit.
4. Maak op de plaats van de zwarte punten, gaatjes voor de splitpennen.
5. Maak de onderdelen van het model aan elkaar, zoals op onderstaande afbeelding. Let op dat de maan vóór de verbinding naar de zon langs gaat.
6. Als je tijd over hebt, dan mag je de onderdelen kleuren.
7. Bewaar je model goed! Doe hem tussen je reader voor de volgende opdrachten.



**Opdracht B:** wanneer je klaar bent met het planetarium volgens het Heliocentrisch wereldbeeld, bedenk en maak dan zelf een planetarium volgens het **Geocentrisch** wereldbeeld (zie afb.5). Je krijgt hiervoor nog een vel stevig papier en één extra splitpen.

**Opdracht C:** onderzoek met beide modellen hoe de schijn gestalten van de maan ontstaan, hoe een maansverduistering kan optreden, en hoe een zonsverduistering plaatsvindt. Teken deze in je schrift. Laat ook met beide modellen zien hoe lang een dag duurt, hoe lang een maand en hoe lang een jaar.

## 1.6 De zon

De zon bestaat bijna helemaal uit waterstofgas en helium. In deze gassen vindt kernfusie plaats, waarbij veel hitte en licht vrijkomt. Een zeer klein deel daarvan komt op aarde terecht. Door dat licht kunnen hier planten groeien, waar wij (en andere dieren) weer van eten. Ook maken planten zuurstof, waardoor wij kunnen ademen. Door de kernfusie raken de waterstof en helium langzaam maar zeker op; gelukkig duurt dat nog ongeveer 5,5 miljard jaar. De zon is nu al 4,5 miljard jaar oud, dus nog niet eens op de helft. De zon is heel erg groot; 99,86% van alle massa (gewicht) in het zonnestelsel zit in de zon. De rest van de massa zit in de planeten, dwergplaneten, planetoïden, meteoroïden (rondvliegende brokstukken in de ruimte) en kometen.

### Zonsverduistering

Soms vindt er een zonsverduistering plaats. Dit gebeurde bijvoorbeeld in de Verenigde Staten op 21 augustus 2017, of in Nederland in 1999. De volgende verduistering in Nederland zal zijn op 12 augustus 2026; mis hem niet!

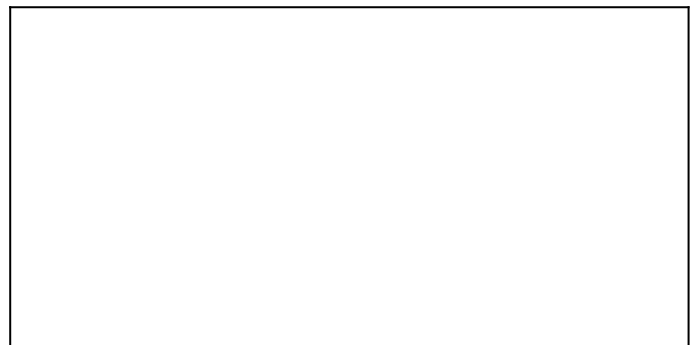
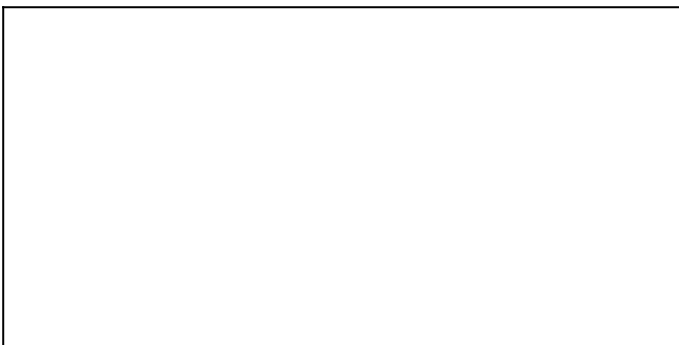
Tijdens een zonsverduistering staat de maan precies tussen de aarde en de zon in. De schaduw van de maan valt dan op de aarde; je staat dan in de donkere schaduw. Als je dan richting de maan en zon kijkt (wat je nooit zonder speciaal brilletje moet doen!), dan kun je zien dat de maan er steeds verder voor schuift en dat je de zon uiteindelijk helemaal niet meer kunt zien; alleen de 'corona' (=de krans van stralen om de zon) is dan nog te zien.



afb 12: zonsverduistering (deels)

**Opdracht:** neem je model van de zon/maan/aarde erbij.

1. Zet de onderdelen zoals ze tijdens een zonsverduistering staan.
2. Schuif je model zoals dat bij een maansverduistering zou staan.
3. Teken hieronder de stand van zon, aarde en maan bij een zonsverduistering (links) en bij een maansverduistering (rechts).
4. Waarom is er niet elke maand een zons- en maansverduistering?



## Bouw je eigen zonnewijzer

### Materiaallijst:

- Plankje ca. 100 x 150 mm
- Metalen staafje van 150 mm lang, 2 mm  $\varnothing$
- Kolomboor, lineaal, verstekzaag, ijzerzaag, schuurpapier, geodriehoek
- Veiligheidsbril en eventueel haarelastiekje!

### Werkplan:

#### Op school:

1. Boor 2 gaten in het plankje.

Gat A heeft een diameter van 6 mm.

Gat B heeft een diameter die precies even groot is als de dikte van het staafje.

De gaten moeten in het midden van het plankje komen, op 1 en 2 cm van de bovenrand. Hierboven zie je een tekening.

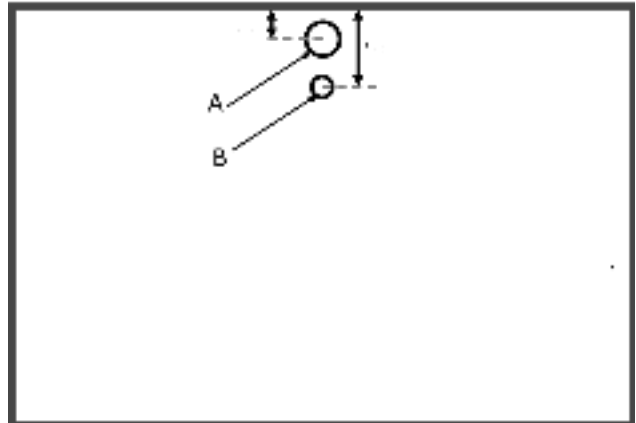
2. Steek het staafje in gat B, het staafje moet kenvast zitten, maar wel uitneembaar zijn.

#### Thuis:

Doe dit op een dag dat de zon schijnt en je veel thuis bent. Je kunt het ook op twee (of meer) verschillende dagen doen.

3. Hang de zonnewijzer aan de muur of schutting, met een spijker of touwtje door gat A, of leg hem plat op de grond. Hang hem op een plek waar de zon de hele dag schijnt (bij voorbeeld een muur op het zuiden).

4. Zet elk uur een streepje op de plek waar de schaduw valt en schrijf de tijd erbij. Zet een wekker elk uur in je telefoon om het niet te vergeten.



afb. 13: Zoiets is het resultaat.



afb 14: Het kan ook met krijt en een lantaarnpaal.

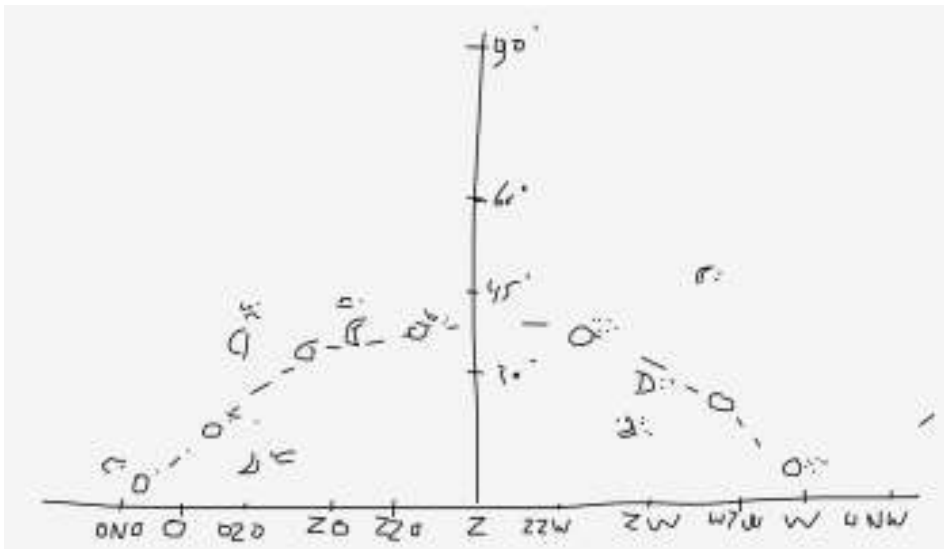
Nu kun je voortaan de tijd op je zonnewijzer aflezen! (mits de zon schijnt... – en helaas loopt je zonnewijzer een uur achter als het zomertijd is).

5. Voor een echte reiszonnwijzer heb je ook nog een kompas nodig. Je kunt dit maken van een theelicht-cupje, een plakje kurk, een korte speld en een magneet. Magnetiseer de speld door deze enkele malen in de lengterichting langs de magneet te halen. Leg de speld op het schijfje kurk in een laagje water in het theelicht-cupje. Als de kurk met speld vrij kan draaien, gaat hij noord-zuid liggen (langs een magnetische veldlijn van de aarde). Hiermee kun je je zonnewijzer op elke plek op aarde goed neerzetten. Helaas loopt deze klok niet overal op aarde precies gelijk met de echte tijd.

## Maanopdracht - Deel 2 (na 4 weken observeren)

Zorg eerst voor een groot overzicht van alle waarnemingen:

1. Op het bord maken we een waarnemingentabel, net als in je Science-bundel, met datum+tijd, schijngestalte, windrichting en hoogte. Iedereen noteert de eigen waarnemingen in deze tabel. Noteer alleen de waarnemingen die compleet zijn.
2. Verzamel dan zoveel mogelijk waarnemingen van je klasgenoten in één overzichtstekening. Je krijgt hiervoor een vel A3 ruitjespapier.
  1. Zet eerst langs de onderrand (lange zijde van het papier, "horizontaal") de windrichtingen op een horizon, van ONO via Z tot WNW.
  2. Zet in het midden verticaal een verdeling van de hoogte boven de horizon, van  $0^\circ$  tot  $90^\circ$ .
  3. Noteer nu zo veel mogelijk waarnemingen: teken op de juiste plek de schijngestalte, en zet datum en tijd ernaast (klein!).
3. Verbind waarnemingen op dezelfde dag met een stippellijn.
4. Verbind waarnemingen op hetzelfde tijdstip van opeenvolgende dagen met een streeplijn.



Maak vervolgens onderstaande vragen over de omlooptijden van de maan en de zon:

1. Hoeveel uur duurt 1 "omloop" van de maan om de aarde?  
\_\_\_\_\_
2. Hoeveel dagen duurt 1 "maan-maand" (van nieuwe tot nieuwe maan)?  
\_\_\_\_\_
3. Hoeveel dagen duurt 1 volledige "maan-maand" van exact  $360^\circ$  rond de aarde?  
\_\_\_\_\_
4. Hoeveel dagen duurt een omloop van de aarde om de zon?  
\_\_\_\_\_
5. Hoeveel maan-maanden passen er dus in een jaar?  
\_\_\_\_\_

*(Geef altijd de hele som bij berekeningen!)*