

Vakoverschrijdende aanpak van sterrenkunde in de klas

Woensdag 30 mei 2012

Planetarium van Brussel



Voor leraars wetenschappen, wiskunde en aardrijkskunde SO

PLANETARIUM.be

**Een organisatie van de Vereniging van Leraars Wetenschappen, het
Planetarium van de Koninklijke Sterrenwacht van België en de
Vereniging Leraars Aardrijkskunde**

Inhoud

Inhoud.....	2
Voorstelling Planetarium.....	3
Wat is een planetarium?	3
Aanbod.....	3
Eclipsmeter.....	6
Solarscope	6
Draagbare spectroscop	6
Workshop : Sterrenkaart.....	7
Workshop : Zonnedemonstrator.....	8
Gebruik van de zonnedemonstrator	11
Gebruik als zonnegradenboog	11
Berekenen van de omtrek van de aarde.....	12
Inleiding.....	12
Werkwijze.....	12
Berekeningen	13
Bijkomend probleem	14
Het meten van de hoogte van een berg op de maan	15
Inleiding.....	15
Doel	15
Redenering.....	15
Werkwijze.....	16
Het meten van de afstand aarde-maan a.h.v. een maansverduistering.....	18
Inleiding.....	18
Doel en Redenering	18
Werkwijze.....	18
Stellarium	22
Voorstelling ESERO Belgium	24
Wetenschappelijke projecten.....	25
Nuttige websites.....	26

Voorstelling Planetarium

Het Planetarium is de educatieve pijler van de Koninklijke Sterrenwacht van België, dat wereldwijd bekend staat om zijn onderzoek op gebied van aard- en ruimtewetenschappen. De Sterrenwacht vormt samen met het Koninklijk Meteorologisch Instituut en het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie, de 'Pool Ruimte', dit is een entiteit binnen de federale wetenschappelijke instellingen die zich bezighoudt met de Aarde, de ruimte en alles daaromtrent. Het Planetarium neemt dus niet alleen de educatieve sensibilisering op zich van sterrenkunde, maar wil jongeren warm maken voor wetenschappen en hen stimuleren om voor een wetenschappelijke studierichting te kiezen.

Wat is een planetarium?

Het zijn magische plaatsen, waar bezoekers kunnen genieten van de schoonheid van het heelal. De sterrenhemel wordt zeer waarheidsgetrouw weergegeven op de binnenkant van de koepel met een diameter van 23 meter.

De traditionele sterrenprojector wordt planetarium genoemd: het is een optisch apparaat met meerdere motoren, die toelaten de dagelijkse en jaarlijkse beweging van de hemellichamen te simuleren (dit wordt ook een opto-mechanisch projectiesysteem genoemd).

Sedert enkele jaren kent de wereld van de planetaria een ware revolutie. Het klassieke opto-mechanische planetarium wordt meer en meer vervangen door een digitaal systeem: computers gekoppeld aan videoprojectoren met een hoge resolutie. Zo wordt een videobeeld samengesteld op de volledige koepel.

Dankzij dit nieuwe digitale systeem kunnen deze planetaria spectaculaire beelden aanbieden, die de toeschouwers onderdompelen in een indrukwekkende 360° omgeving.

Deze technische hoogstandjes laten toe om de meest uiteenlopende astronomische beelden te tonen. We kunnen de ruimte waarnemen vanop het aardoppervlak maar ook vanop om het even welke plaats in de ruimte, op onze reis passeren we voorbij de planeten van ons zonnestelsel, de sterren van onze Melkweg en ver verwijderde sterrenstelsels.

De beelden worden op een halve bol geprojecteerd, waardoor we een vervorming krijgen die gecorrigeerd moet worden. Alle kanalen (twee tot twaalf projectoren zorgen elk voor een deel van het totaalbeeld) moeten gealigneerd en gesynchroniseerd zijn. De afzonderlijke beelden, die als een mozaïek het beeld samenstellen, moeten perfect samenvloeien en aaneensluiten om een uniform totaalbeeld te creëren, zowel wat scherpte, helderheid als kleurweergave betreft.

Aanbod

Onze werking is gericht op twee grote doelpublieken: de scholen en het familiepubliek.

Voor het onderwijs

Specifiek naar de scholen hebben we een zeer uitgebreid en theoretisch hoogstaand programma uitgewerkt dat enorm gesmaakt wordt door het onderwijs zowel in Vlaanderen als in Wallonië. Jaarlijks ontvangen we gemiddeld 45.000 bezoekers, ongeveer 20.000 hiervan zijn scholieren, van kleutertjes over basis en secundair tot hogeschoolstudenten in de lerarenopleiding.

Voor al deze verschillende schoolleeftijden hebben we een zeer specifiek programma uitgewerkt dat zich baseert op de curricula en de eindtermen die in het onderwijs gelden.

Voor ons is het natuurlijk een uitdaging om jaar na jaar deze lessen op maat te actualiseren en uit te bouwen niet alleen tot educatief waardevolle instrumenten maar ook tot een prachtig visueel schouwspel waarbij we elke jongere, groot of klein, wel of niet geïnteresseerd, een unieke ervaring kunnen meegeven voor de wondere wereld van ons heelal.

- Aanbod kleuters (duur 30 min.)
Voor de allerkleinsten vanaf 3 tot 7 à 8 jaar hebben we een speciaal planetariumprogramma uitgewerkt waarin we met beeld, muziek en tekst hen vergasten op de wonderen in ons heelal.
- Aanbod basisonderwijs (duur 1u à 1u30)
We zoeken samen onze weg tussen de sterren. We ontdekken waarom de sterrenhemel van oost naar west beweegt en waarom hij er niet overal ter wereld hetzelfde uitziet. Het ontstaan van dag en nacht en van de verschillende seizoenen wordt plots overduidelijk.
- Aanbod hoger secundair onderwijs en hoger onderwijs (duur 2u30)
Deze les sluit aan bij de leerprogramma's aardrijkskunde van de 3e graad ASO. Meerdere vakgerichte (aardrijkskunde) en vakoverschrijdende eindtermen zijn erin verwerkt. Voor de studierichtingen binnen ASO die minder wetenschappelijk georiënteerd zijn en voor de gebieden TSO en KSO bieden we een korte versie van deze les aan, waarvan de duur ongeveer 1u30 bedraagt.
- Workshop Sterrenkaart (duur 30 min.)
Na een voorstelling in het planetarium kunnen leerlingen zelf aan de slag in deze workshop. Ze maken een sterrenkaart en leren dit instrument onder onze sterrenhemel gebruiken.
- Workshop Afstanden in het heelal (duur 30 min.)
We onderzoeken hoe groot de afstanden in het heelal werkelijk zijn. Vertrekkend vanuit het zonnestelsel gaan we via planeten en sterren op zoek naar het Andromedastelsel.

1. Voor het grote publiek

Voor het familiepubliek werken we met planetariumprogramma's die eveneens op de raaklijn liggen tussen educatie en animatie en waarbij we bij de toeschouwer vooral verwondering willen wekken. We zijn elke dag open tijdens weekends, feestdagen en schoolvakanties en bieden dagelijks 6 verschillende voorstellingen aan die elk een specifiek thema en doelgroep hebben.

PLANETARIUM.be

- Kleutervoorstelling (van 3 tot en met 9 jaar)
We prikkelen de nieuwsgierigheid van de allerkleinsten en ontdekken niet alleen sterren maar ook planeten.
- Earth, Moon and Sun (v.a. 6 jaar)
Coyote neemt je mee op reis langs de hemel en vertelt over maanfasen, eclipsen en andere hemelmysterieën.
- Violent Universe (v.a. 8 jaar)
Sterrenstelsels die botsen, sterren die exploderen, rakelings langsvliegende meteorieten: ons heelal zit vol met woede!
- Ice Worlds (v.a. 8 jaar)
Van de Zuid- tot de Noordpool op onze Aarde en tot in de verste uithoeken van ons zonnestelsel heb je ijswerelden die tal van geheimen verbergen onder hun dikke laag ijs.
- Two small pieces of glass (v.a. 8 jaar)
Twee kinderen ontdekken hoe, via de telescoop, enkele mysteries van het heelal ontsluit zijn.
- Touching the edge of the Universe (v.a. 10 jaar)
Twee enorme ruimtetelescopen ontleden het verre universum om het onbekende te ontdekken.

In de inkomhal van het Planetarium staat er permanent een kleine interactieve tentoonstelling die de werking van de drie instituten van de 'Pool Ruimte' (KSB, KMI en BIRA) toelicht. Nu en dan zijn er ook tijdelijke thema-tentoonstellingen over ruimtevaart, astronomie en het wetenschappelijk onderzoek in België.



Eclipsmeter

De eclipsmeter is een heel eenvoudig toestelletje waarmee we gemakkelijk de mechaniek van een eclips kunnen visualiseren.

Wat we bijvoorbeeld kunnen aantonen zijn de drie voorwaarden waaraan moet voldaan worden om een zonsverduistering te verkrijgen:

1. Het moet Nieuwe Maan zijn. Dit is het enige moment waarop de Maan zich tussen de Aarde en de Zon bevindt.
2. Aarde, Maan en Zon moeten op precies dezelfde lijn liggen. Dat wil zeggen dat de Maan zich in een knoop, één van de twee snijpunten tussen het baanvlak van de Maan en het eclipticavlak, moet bevinden.
3. De Maan moet dicht genoeg bij de Aarde staan. Staat ze te veraf, dan krijgen we enkel een gedeeltelijke of een ringvormige zonsverduistering te zien.

De afmetingen van de eclipsmeter:

- **Aarde: diameter = 4 cm** (12756 km)
- **Maan: diameter = 1 cm** (3475 km)
- **Afstand Aarde – Maan: 120 cm** (363104 km @ perigeum – 405696 km @ apogeum => gemiddeld 384400 km)

Solarscope

De Solarscope is een gemakkelijk en veilig te gebruiken zonnetelescoop. Het beeld van de Zon wordt onrechtstreeks, door projectie, waargenomen. Het toestel bestaat uit een kartonnen corpus met een kunststof refractortelescoop. Het beeld wordt op de binnenzijde geprojecteerd en is te bekijken door een grote groep leerlingen. De grootste voordelen van de Solarscope zijn de prijs (voor 88 euro heb je al een toestel dat gemakkelijk met de hele klas te gebruiken is) en het gebruiksgemak.

Onderwerpen die met de Solarscope kunnen behandeld worden zijn onder andere: men kan de sunspot count over een periode zien variëren, de differentiële rotatie van de Zon aantonen aan de hand van zonnevlekken...

Draagbare spectroscop

Kirchhoff's wetten met betrekking tot de spectrografie:

1. Een heet voorwerp uit vaste materie gloeit met een continu spectrum.
2. Een heet gas produceert een spectrum opgebouwd uit gekleurde, oplichtende lijnen (emissielijnen). Dit noemen we een emissiespectrum.
3. Een heet voorwerp, omringd door een koeler gas (ten opzichte van het hete voorwerp) produceert een quasi continu spectrum met zwarte lijnen (absorptielijnen). We noemen dit een absorptiespectrum.

We kunnen deze spectra zichtbaar maken met behulp van een spectroscop. Met enkele eenvoudige hulpmiddelen is deze gemakkelijk te fabriceren.

Het allereenvoudigste model bestaat uit een luciferdoos met in het schuifje een stukje van een CD-schijfje geplakt. Snij in het hulsje een kleine kijkopening en laat het licht via het ongeveer

één millimeter opengeschoven schuifje binnenvallen. Je zal het spectrum van je lichtbron kunnen zien door het kijkgaatje.

Voor meer geavanceerde modellen heb je een see-through-diffraction-grate nodig. Dit kan je kopen in de gespecialiseerde handel, maar het is redelijk duur. Gemakkelijker en goedkoper is het om een onbruikbare CD-ROM van zijn reflecterende bovenlaag te ontdoen, zodat je een doorzichtig schijfje krijgt en dat dan met een goede schaar in de juiste grootte te versnijden. Door de dichtheid van de sporen op het schijfje krijgen we ook een perfect diffractierooster. Bij de constructie van een spectroscop moet je er altijd voor zorgen dat het licht van je bron door een zo smal mogelijk spleetje valt en dat je dit licht kan bekijken door een diffractierooster.

Workshop : Sterrenkaart

Deze sterrenkaart is heel gemakkelijk gebruiksklaar te maken: enkele vouwen volstaan.

Belangrijk is dat de juiste zijde zich vooraan bevindt, al naar gelang het zomertijd of wintertijd is.

Je begint met het zoeken van Grote Beer en Poolster. Als je op deze manier de windstreken gevonden hebt kan je de sterrenkaart juist oriënteren. Vergeet niet dat je ze boven het hoofd moet houden!



Workshop : Zonedemonstrator

1. Maak de drie onderdelen los.



2. Verwijder alle voorgesneden stukken uit de grote cirkel (een kwart van de schijf, de halve ring en het langwerpige stukje in het midden).



3. Plooi de cirkel langs de voorgeploide lijn om (stevig plooiën, zowel naar binnen als naar buiten).



4. Verwijder het langwerpige stukje nabij het midden van de kleine schijf en let op de twee voorgesneden gleufjes in de richting NO.



5. Maak de voorgesneden pijl (en alleen de pijl) los uit de grote cirkel.



6. Plaats de kleine cirkel op de grote cirkel zó dat de richtingen NO samenvallen. Je kan de pijl op de grote cirkel van beneden naar boven door de grootste gleuf op de kleine cirkel steken en dan van boven naar beneden door de kleinste gleuf. Trek aan de punt van de pijl tot beide pijlen volledig samenvallen.
7. Om de kleine cirkel in deze positie te houden kan je de pijl dan achteraan omplooien en door het kleine gleufje in het midden van de grote cirkel steken.



MET PAPERCLIPS :

In plaats van punten 4 tot 7 uit te voeren kan je ook een alternatieve en eenvoudiger methode toepassen (zeer interessant als je met groepen jonge kinderen werkt). We stellen twee mogelijke alternatieven voor :

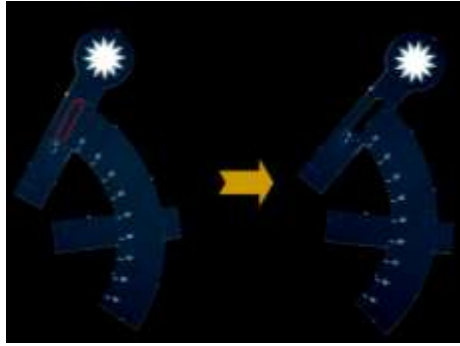
- a) Met een beetje lijm bevestig je de kleine cirkel op de grote. Let er vooral goed op dat je enkel en alleen het kwart dat de richting NO bevat vastgekleefd wordt. Anders zal je de zonedemonstrator niet kunnen gebruiken.

of

- b) Bevestig de kleine cirkel op de grote door middel van een kleine paperclip. Gebruik hiervoor de langwerpige openingen nabij het midden van beide cirkels. Let er weer op dat de richtingen NO op beide cirkels samenvallen.



8. Verwijder het langwerpige stukje uit de ruit.



9. Plooi de bevestigingsstukken opzij om.



10. Bevestig de ruit op het kalendergedeelte van de grote cirkel door de bevestigingsstukken er rond te plooi en de gleufjes telkens in elkaar te laten schuiven.



MET PAPERCLIPS :

In plaats van punten 8 tot 10 uit te voeren kan je ook het volgende doen :

Je kunt de ruit vervangen door een grote paperclip over het kalendergedeelte van de grote cirkel te schuiven. Richt de punt van de paperclip naar binnen. Die zal dan de zon voorstellen.

11. Onze demonstrator zit nu in elkaar. Om hem te gebruiken plooi en draai je het middengedeelte, zodat het kleine gleufje op de Noordpunt N over de gewenste breedtegraad op de grote cirkel kan geschoven worden. De kleine cirkel staat nu loodrecht op de grote cirkel.

Gebruik van de zonedemonstrator

1. Kies de gewenste breedtegraad (50° voor België).
2. Schuif de ruitser (of de grote paperclip) naar de gewenste datum (bij voorbeeld op de winterzonnewende). De maand kan je aflezen in het venstertje van de ruitser of in de paperclip.
3. Plooi de grote cirkel over zijn volledige lengte (zodat het kalendergedeelte weg geplooid is naar achter).
4. Hou de demonstrator vóór jou, zorg dat het horizonvlak (de kleine cirkel) horizontaal is en controleer of de breedtegraad nog steeds juist ingesteld is.
5. Plooi langzaam het kalendergedeelte op de grote cirkel tot de pijl op de ruitser (of de punt van de grote paperclip) de horizon (dit is de kleine cirkel) raakt.
6. Lees op de horizon de richting af die aangeduid wordt door de pijl (of de punt van de paperclip): dit is de richting waar de zon opkomt op de gekozen datum (rond 21 september of 21 maart is dit het oosten O).
7. Breng nu het kalendergedeelte naar boven tot het zich bevindt in hetzelfde vlak als het vlak van de breedtegraad. De zon zit nu op het hoogste punt dat ze die dag kan bereiken in het zuiden Z. Die hoogte kan je aflezen op de ruitser (de hoogte kan niet afgelezen worden als je de paperclip gebruikt).
8. Plooi de grote cirkel nu verder en bekijk hoe de zon terug naar de horizon toe zakt.
9. Als de pijl van de ruitser (of van de paperclip) de horizon raakt kan je de richting aflezen waar de zon ondergaat op de gekozen datum (rond 21 september of 21 maart is dit het westen W).
10. Herhaal dit voor andere tijdstippen. Je zal opmerken dat de zon telkens in een andere richting opkomt en ondergaat. Daarom verandert de baan van de zon aan de hemel iedere dag. In de zomer krijgen we een lange boog en zijn de dagen lang, in de winter is het net omgekeerd. Alleen op de equinoxen, tweemaal per jaar, komt de zon pal in het oosten op en gaat pal in het westen onder, en dit geldt ook voor alle breedtegraden.
Merk ook op dat de zon in België nooit recht boven je hoofd (in het zenit) kan staan.
11. Zoek op welke breedtegraad de zon 's middags door het zenit kan passeren.
12. Waarom spreekt men van de middernachtzon? Bekijk de baan van de zon aan de hemel op de Noordpool (90°) in de zomer: ze gaat nooit onder en ze blijft steeds even hoog boven de horizon...

Gebruik als zonnegradenboog

Om de demonstrator als zonnegradenboog te gebruiken maak je het kleine schijfje terug los van de breedtegraadschaal op de grote cirkel.

Draai de demonstrator om, zodat de witte kant naar je toe gericht is en het woord "zonnegradenboog" leesbaar is. Plooi nu de rechterkant van de grote schijf naar je toe en zorg ervoor dat de hoek 90° is.

Ga nu naar buiten in de zonneschijn en laat een zonnestraal door de horizontale gleuf in het midden van de demonstrator vallen. Zorg ervoor dat de hoek tussen de twee helften 90° blijft en dat de horizonlijn op het linker gedeelte horizontaal blijft.

Op de gradenboog links kan je nu de hoogte van de zon op dat moment aflezen. Je kan nu bijvoorbeeld om 12 h Universele Tijd (dat is ongeveer 13 h wintertijd en ongeveer 14 h zomertijd in België) de gemeten hoogte vergelijken met de hoogte die je bepaald hebt met de zonedemonstrator.

Berekenen van de omtrek van de aarde

Inleiding

Deze oefening is gebaseerd op de proef van Eratosthenes.

Eratosthenes (Cyrene, ca. 276 v.Chr. - ca. 194 v.Chr.) was een wiskundige, astronoom en aardrijkskundige uit Alexandrië.

Hij stelde vast dat de zon op 21 juni op haar hoogste punt in Syene (Aswan) geen schaduw wierp. In Alexandrië was er wel een schaduw, en Eratosthenes mat dat deze $7^{\circ}14'$ was, $1/50$ van een cirkel. Als we aannemen dat Aswan precies ten zuiden van Alexandrië ligt, dan moet de omtrek van de aarde 50 keer de afstand tussen Syene en Alexandrië zijn. Eratosthenes schatte deze afstand op 5000 stadiën. Hij schatte dit aan de hand van de tijd die een karavaan kamelen over de afstand deed. De omtrek van de aarde kwam dus op 250.000 stadiën. Het is niet met zekerheid gekend hoe lang zijn "stadium" was. In de hedendaagse schriften levert dit diverse omrekeningen op: 46.000, 40.075, 40.008 of 39.690 kilometer.

Werkwijze

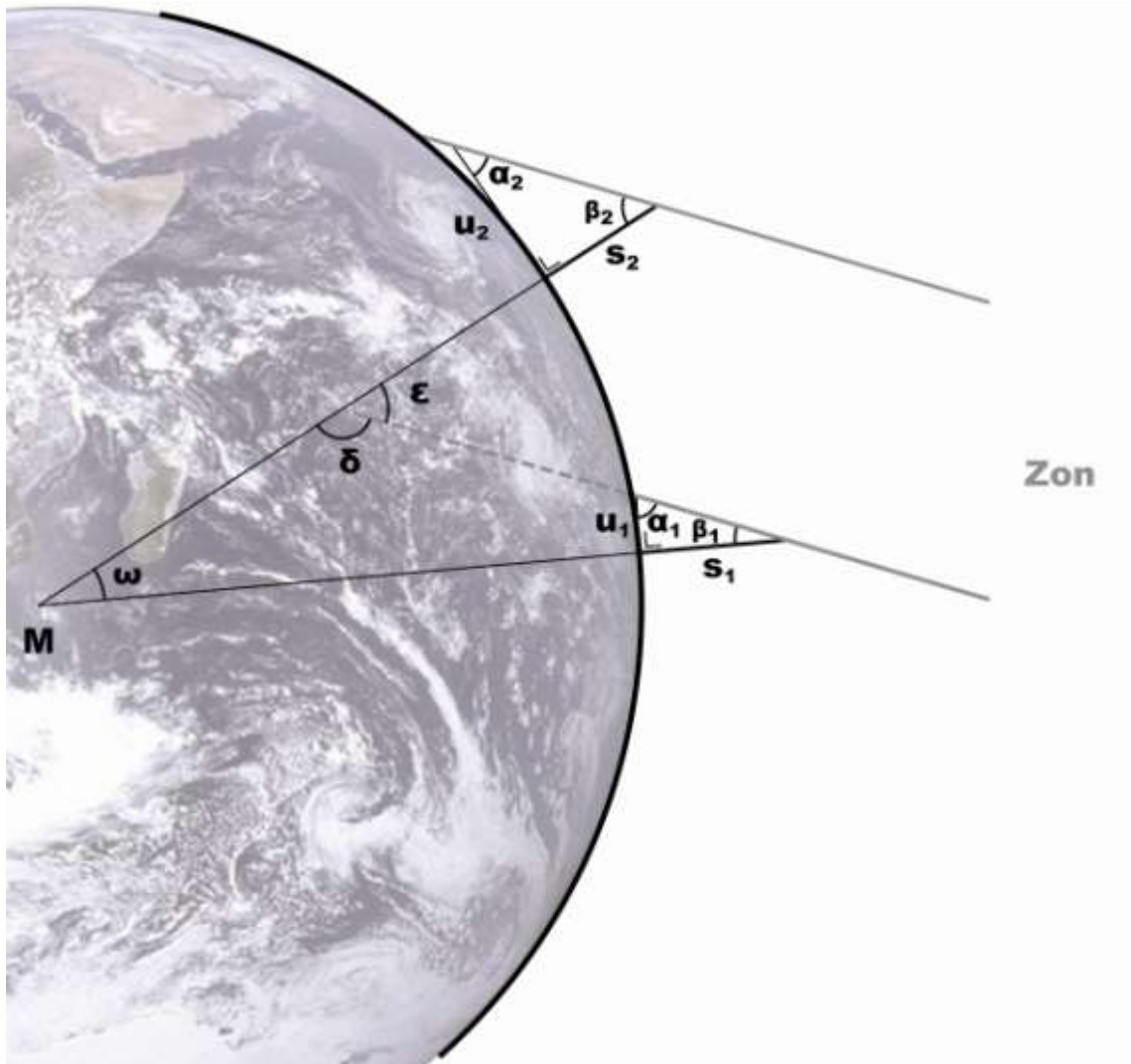
We kunnen deze proef uitvoeren als een samenwerkingsproject met een andere Europese school. Enige voorwaarde is dat de twee scholen zo ver mogelijk van elkaar verwijderd zijn in noord-zuid richting. De deelnemers in beide scholen meten gewoon de lengte van de schaduw van een stok met dezelfde lengte op dezelfde dag, op het moment dat de zon door het zuiden passeert. Als ze hun resultaat aan elkaar doorsturen kunnen ze aan het werk.

Hoe kunnen we weten wanneer de zon door het zuiden passeert op een bepaalde dag voor een bepaalde plaats op aarde (de ware middag)?

We gebruiken de volgende website: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/>
Brussel bevindt zich bijvoorbeeld in tijdzone 1. Vergeet niet 1 uur bij te tellen in geval van zomertijd.

PLANETARIUM.be

Berekeningen



We gaan uit van een Belgische school en een school in het noorden van Zweden. Op het moment van de respectievelijke metingen zit de zon bij benadering in dezelfde richting. We stellen de lengte van de schaduw (die in feite een boog is) gelijk aan een zijde van de driehoek. Bij ons is de schaduw u_1 merkkelijk korter dan in Zweden (u_2).

We kunnen zeggen dat

$$\text{tg } \alpha_1 = s_1/u_1$$

$$\alpha_1 = \text{arc tg } s_1/u_1 \quad s_1 \text{ is gekend en } u_1 \text{ is gemeten}$$

Op dezelfde manier berekenen we ook α_2

$$\text{Nu is} \quad \beta_1 = 90^\circ - \alpha_1 \quad \text{en} \quad \beta_2 = 90^\circ - \alpha_2$$

$$\text{We weten ook dat} \quad \epsilon = \beta_2 \quad \text{en} \quad \delta = 180^\circ - \epsilon$$

$$\text{En tenslotte:} \quad \omega = 180^\circ - \delta - \beta_1$$

Als we de afstand tussen de twee meetpunten (in noord-zuid richting!) kennen, weten we dat de middelpuntshoek ω overeenkomt met die afstand.

Omrekenen naar 360° geeft ons de omtrek van de aarde.

Uiteraard is deze proef niet zo nauwkeurig, aangezien de metingen van de schaduwen zeer nauwkeurig moeten gebeuren. Bovendien houden we geen rekening met de afplatting van de aarde.

Bijkomend probleem

Een laatste probleem is het bepalen van de juiste afstand tussen de twee punten in noord-zuid richting.

Daarvoor gebruiken we Google Earth. We zorgen ervoor dat we in het menu bij “Weergave” de optie “Raster” ingesteld hebben.

We leggen de werkwijze uit aan de hand van een voorbeeld. Veronderstel dat de ene school zich bevindt in het planetarium van Brussel en de andere in Örnköldsvik (Zweden). We zoomen in en lezen af dat het Planetarium zich op $50^{\circ}53'$ NB bevindt.

We zoeken nu Örnköldsvik op. We gebruiken de optie “Lineaal” onder “Extra”. Stel in op kilometer. We klikken op het centrum van de stad en volgen de meridiaan ($18^{\circ}43'$) naar het zuiden, tot we de breedtegraad van Brussel snijden. Daar klikken we opnieuw en zo kunnen we de noord-zuid afstand aflezen. Gebruik in- en uitzoomen en de pijltjestoetsen om gemakkelijk te navigeren.

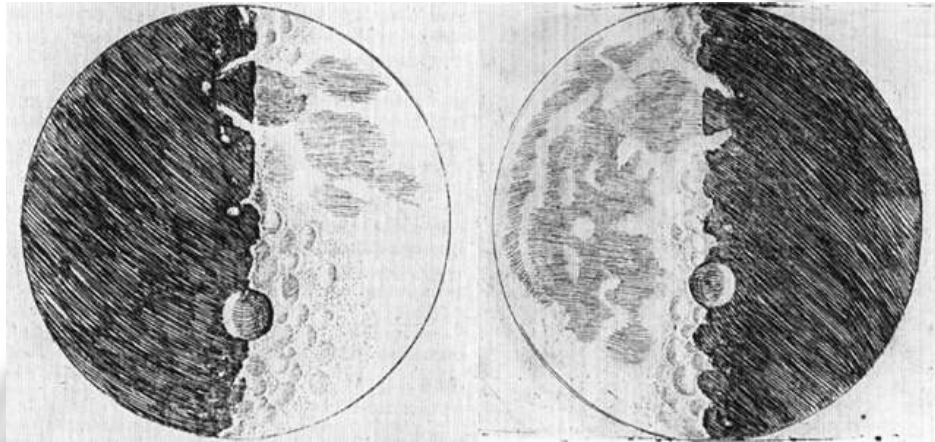
We vinden 1382 km.



Het meten van de hoogte van een berg op de maan

Inleiding

Toen Galileo in het begin van de 17^{de} eeuw de hemel observeerde door zijn telescoop, maakte hij onder andere tekeningen van de maan (figuur 1). Hij merkte op dat de scheidingslijn tussen licht en donker ongelijk verloopt en dat er in de verlichte helft ook donkere vlekken zitten die hij interpreteerde als bergen. In de “Siderius Nuctus” berekende hij dat sommige bergen hoger dan 6000 m waren.



figuur 1

Doel

We willen de hoogte van een berg op de maan meten aan de hand van een foto van de maan. Het is niet de bedoeling een zeer precies resultaat te verkrijgen, wel willen we aantonen dat we aan de hand van eenvoudige waarnemingen en berekeningen heel wat te weten kunnen komen.

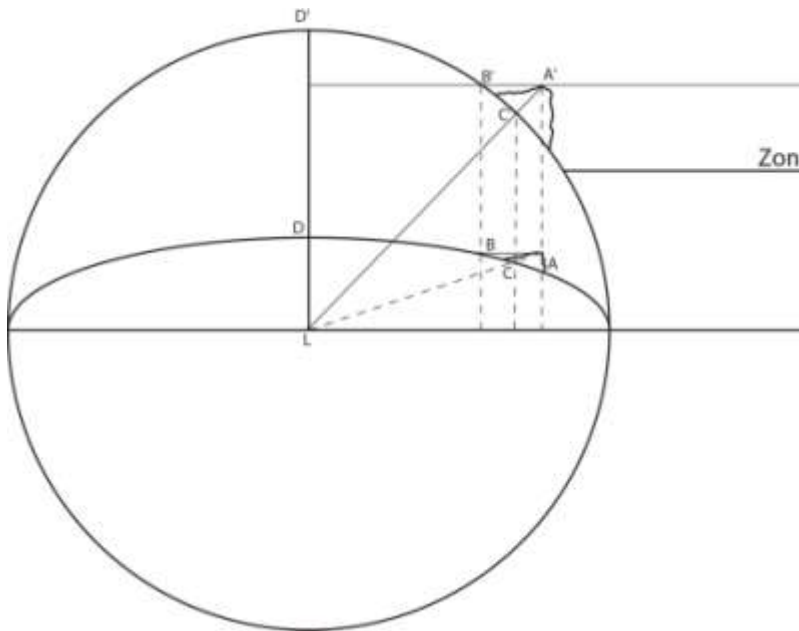
Redenering

De maan ontvangt licht van de zon. Een berg die boven het maanoppervlak uitsteekt zal dus een schaduw werpen op dat maanoppervlak. Hoe hoger de berg hoe langer de schaduw zal zijn. Hoe we deze schaduw vanop aarde waarnemen hangt af van de relatieve positie van de zon, de aarde en de maan.

Om onze wiskundige werkzaamheden te vereenvoudigen vertrekken we van de positie waarin maan-zon en maan-aarde loodrecht op elkaar staan, met andere woorden wanneer we de maan in eerste of laatste kwartier zien.

Werkwijze

figuur 2



A = top van de berg

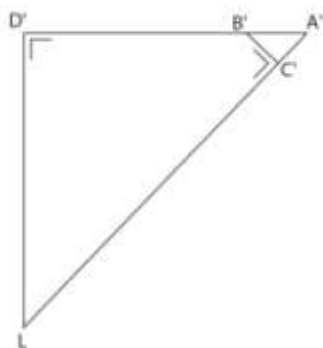
AB = de schaduw die de berg werpt

AD = de afstand van de bergtop tot de terminator (scheidingslijn licht/donker)

In het geval van eerste en laatste kwartier staan de zonnestralen loodrecht op de terminator van de maan.

We zoeken de hoogte van berg A. Door de berg te kantelen naar de buitenste cirkel zijn de geometrische verhoudingen beter zichtbaar. A, B, C en D worden dan respectievelijk A', B', C' en D'.

figuur 3



De driehoeken A'D'L en A'C'B' zijn gelijkvormig, er van uitgaand dat omwille van de kleine afmeting van A'C'B' de boog B'C' gelijk mag gesteld worden aan het segment B'C'.

$$\frac{A'D'}{A'C'} = \frac{A'L}{A'B'}$$

met

A'D' = AD = d (afstand top tot scheiding licht/donker)

A'C' = h (hoogte berg)

A'L = h + r (r = straal maan)

A'B' = l (lengte schaduw)

dus

$$\frac{d}{h} = \frac{h+r}{l}$$

We kunnen de hoogte van de berg dus halen uit een eenvoudige tweedegraadsvergelijking

$$h^2 + rh - dl = 0$$

$$h = \frac{-r + \sqrt{r^2 + 4dl}}{2}$$

Willen we de berg in werkelijke hoogte kennen dan houden we rekening met de schaal van de foto.

$$\frac{H}{h} = \frac{R}{r}$$

met

H = de hoogte van de berg in m

R = de echte straal van de maan in m (1 738 000 m)

r = de maanstraal op de foto in cm

h = hoogte berg op foto in cm

$$H = \frac{R}{r} \cdot h$$

Het meten van de afstand aarde-maan a.h.v. een maansverduistering

Bron: Cosinus, Pierre Causeret

Inleiding

Bij een maansverduistering passeert de maan door de schaduw van de aarde. Een spektakel dat gemiddeld 2 keer per jaar voorkomt en voor de hele nachtelijke hemisfeer op aarde zichtbaar is. Aan de hand van een maansverduistering kan de afstand tot de maan berekend worden. Meer dan 2000 jaar geleden deden de oude Grieken dit al.



fig. 01: gemonteerd totaalbeeld van een maansverduistering

Doel en Redenering

Opzet van deze oefening is om met een foto van een maansverduistering de afstand aarde-maan te berekenen.

Uit de foto kunnen we de diameter van de maan halen als we de diameter van de aarde kennen. Daarnaast kennen we de schijnbare diameter van de maan. Voldoende gegevens om de afstand aarde-maan te kunnen afleiden. Eenvoudige driehoeksmeetkunde helpt ons hierbij.

Werkwijze

We hebben gekozen voor 2 versies voor deze oefening. Stappen 1 tot en met 3 lopen samen, vanaf stap 4 zijn er 2 mogelijkheden: 4 en 5 zijn eenvoudiger en maken gebruik van een sterke vereenvoudiging. 4' en 5' geven een meer nauwkeurige oplossing van het probleem.

1. We nemen een foto waarop de maan al gedeeltelijk verduisterd is



fig. 02: maansverduistering

2. We zoeken het centrum van de maan en het centrum van de schaduw van de aarde en leiden hieruit de diameter van de schaduw en de diameter van de maan af.

Om het centrum van een cirkel te vinden wanneer we maar een boog van de cirkel hebben gaan we als volgt te werk: we tekenen 2 willekeurige lijnstukken die allebei 2 snijpunten met de cirkelboog hebben. De middelloodlijnen op deze lijnstukken snijden elkaar dan in het middelpunt van de cirkel waarvan de boog een deel is.

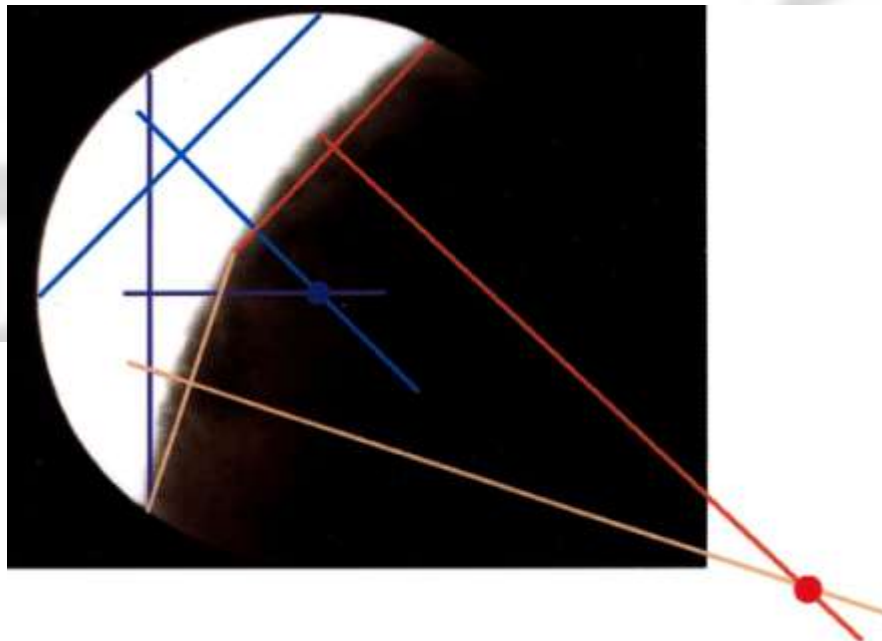


fig. 03: Constructie middelpunt maan – middelpunt aardschaduw

3. We vergelijken de diameter van de schaduw met die van de maan.

Op onze figuur is de diameter van de schaduw 2,5 keer groter dan de diameter van de maan.

4. We berekenen de diameter van de maan: een eerste benadering.

Voorlopig veronderstellen we dat de diameter van de aarde gelijk is aan de diameter van de schaduw van de aarde. Dit is niet juist, maar de correctie voeren we later uit.

We weten dat de diameter van de aarde 12.740 km bedraagt en berekenen dat de diameter van de maan 2,5 keer kleiner is, of $12.740 \text{ km} / 2,5$ of 5.100 km.

5. We berekenen de afstand tot de maan wetende dat de schijnbare diameter van de maan $0,5^\circ$ bedraagt

Als we achterhalen op welke afstand we moeten gaan staan om de maandiameter van 5100 km onder een hoek van een $0,5^\circ$ te zien, dan weten we de afstand tot de maan.

Met eenvoudige driehoeksmetkunde vinden we :

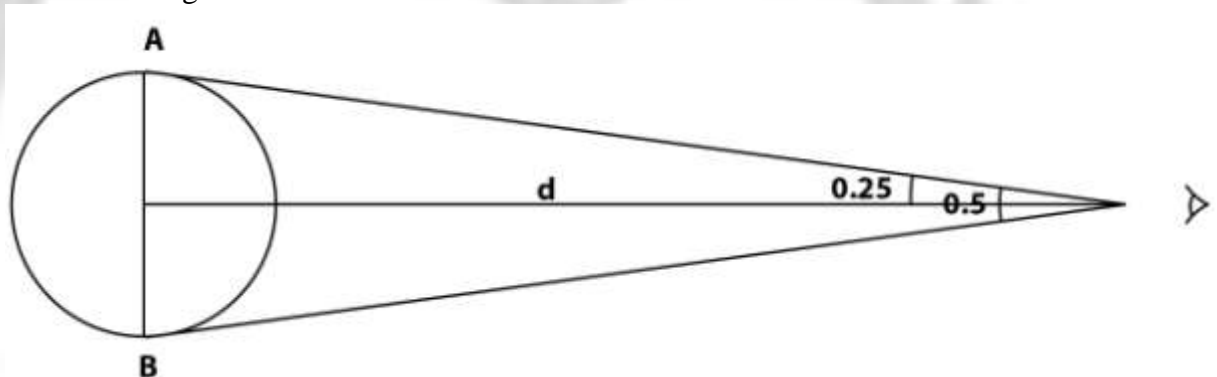


fig. 04: Schijnbare diameter van de maan is $0,5^\circ$

$$\begin{aligned} \text{tg } 0,25^\circ &= \frac{\frac{1}{2} AB}{d} && \text{met } d = \text{afstand aarde-maan} \\ &= \frac{2.550 \text{ km}}{d} \\ d &= \frac{2.550 \text{ km}}{\text{tg } 0,25^\circ} = 580.000 \text{ km} \end{aligned}$$

...een meer nauwkeurige berekening

4'. We berekenen de diameter van de maan: meer nauwkeurig

In werkelijkheid is de diameter van de schaduw kleiner dan de diameter van de aarde omdat de zon zo groot is. Met volgende redenering kunnen we zelfs afleiden dat de aardenschaduw precies een maandiameter kleiner is dan de diameter van de aarde zelf.

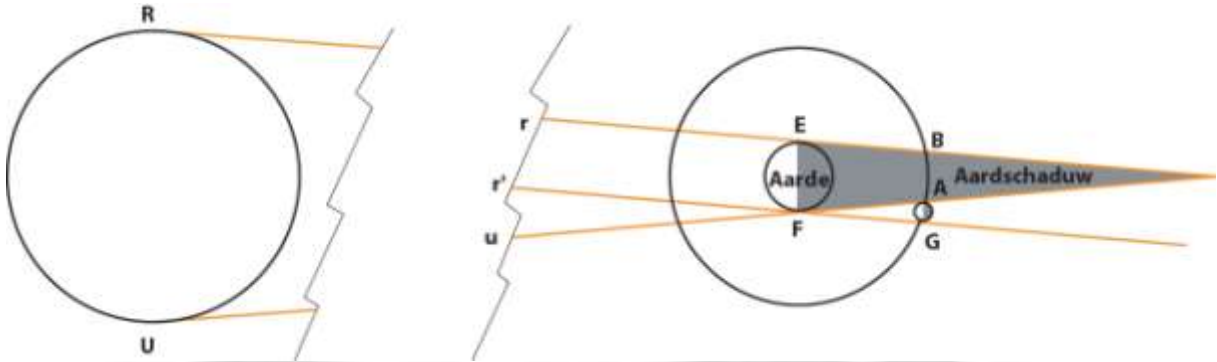


fig. 05: Diameter van de aardenschaduw

Fu kan je doortrekken tot U, Er en Fr' kunnen we verlengen tot R. Hier gaan we er van uit dat Er en Fr' evenwijdig zijn, gezien de zeer grote afstand aarde-zon.

We weten dat de schijnbare diameter van de zon dezelfde is van de schijnbare diameter van de maan namelijk $0,5^\circ$. (vanop Aarde gezien lijken maan en zon dus evengroot).

De hoeken AFG en uFr' zijn dus allebei $0,5^\circ$, en dit komt overeen met de diameter van de maan. Wij kunnen dus op de plaats AG een maan plaatsen. Aangezien EF en BG als gelijk worden beschouwd, is de schaduw van de aarde een maandiameter kleiner dan de aarde.

Uit onze eerste berekening uitgaande van de foto hadden we afgeleid dat de diameter van de schaduw 2,5 keer groter is dan de maandiameter. Met de juist beredeneerde correctie zien we dat de aarddiameter 3,5 keer de maandiameter bedraagt. Hieruit leiden we af dat de maan een diameter heeft van $12.740 \text{ km} / 3,5 = 3.640 \text{ km}$ (werkelijke diameter is 3.500 km).

5'. we bereken afstand tot de maan met de nieuwe diameter van de maan

$$d = \frac{1820 \text{ km}}{\text{tg } 0,25^\circ} = 417.000 \text{ km}$$

De werkelijke afstand aarde-maan is niet constant en varieert tussen 356.000 en 407.000 km. Onze benadering is dus helemaal niet slecht.

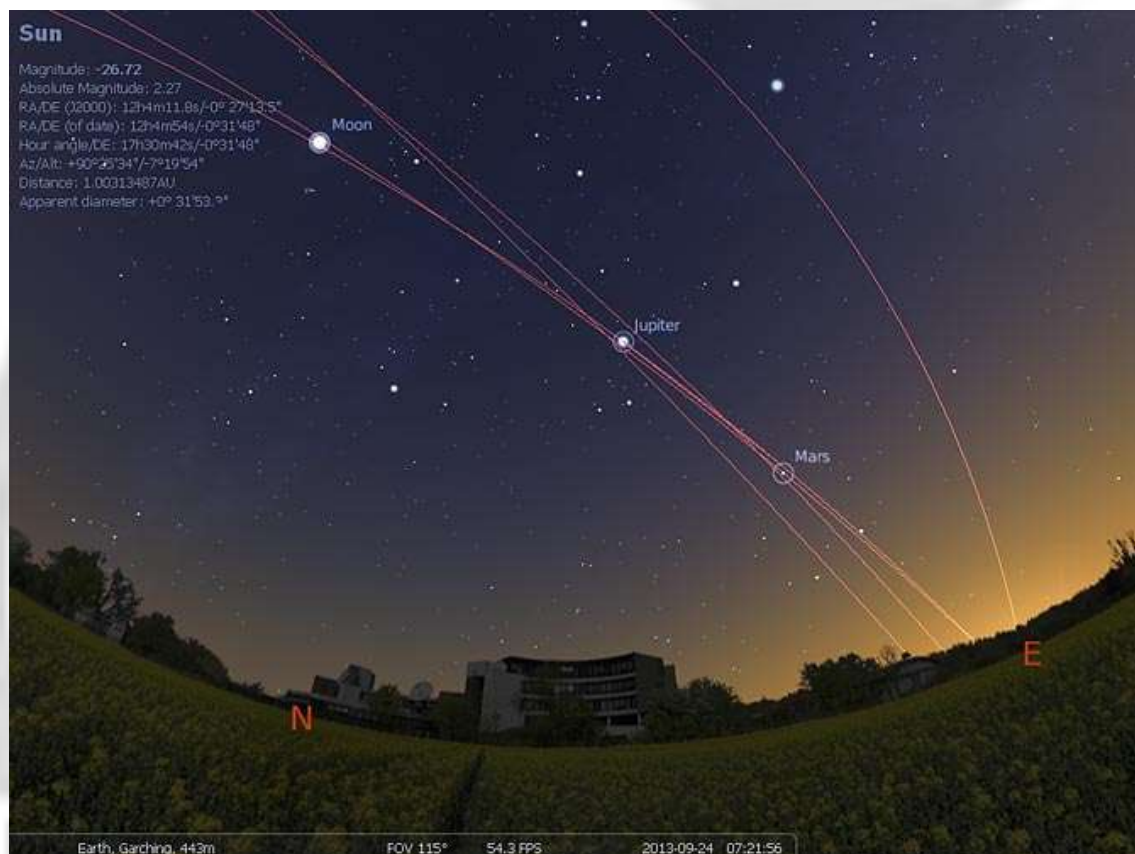
Stellarium

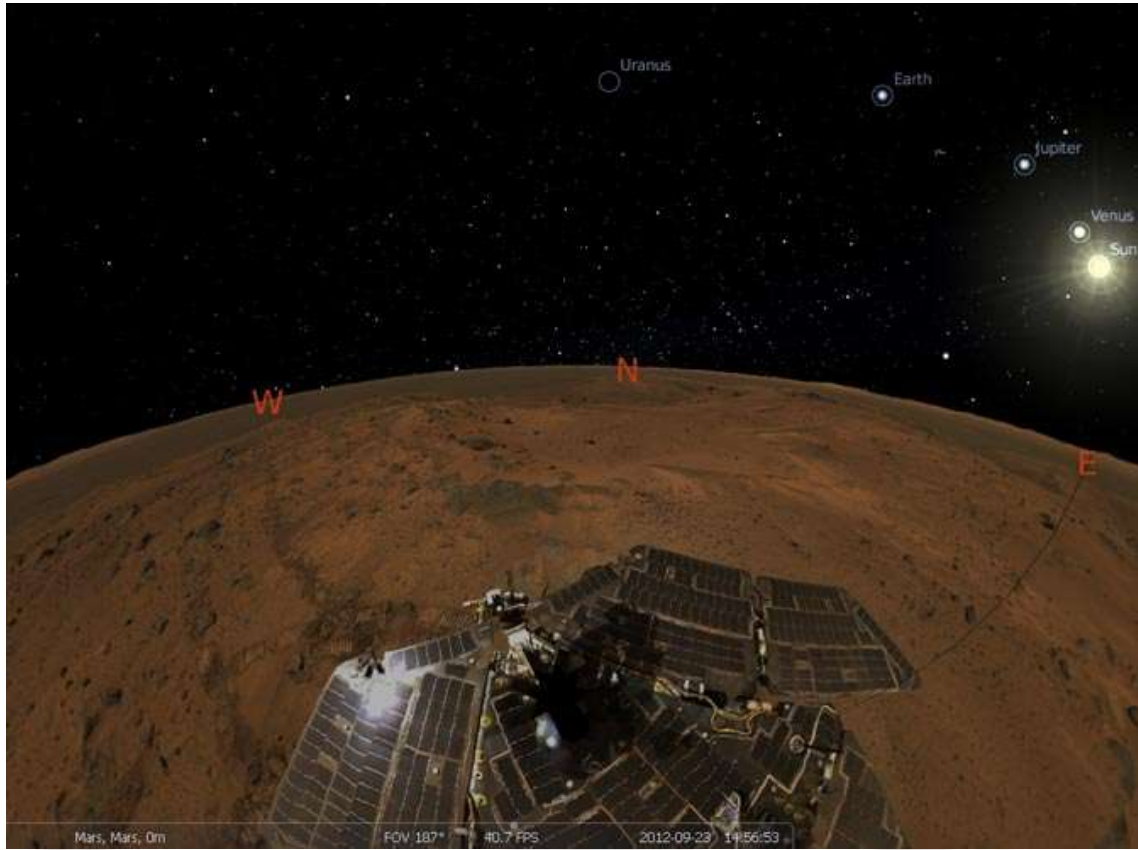
Stellarium is een open source planetarium, waarmee het mogelijk is een realistische 3D-hemel op het computerscherm te bekijken.

Het programma bevat standaard meer dan 600.000 sterren, wat uitgebreid kan worden tot 210 miljoen sterren. Ook zijn er afbeeldingen van deep sky objecten aanwezig. Verder zijn de Melkweg, de planeten met hun satellieten en kunstmatige satellieten te zien.

De locatie en de tijd kunnen in het programma ingesteld worden; automatisch volgt de klok van het programma de actuele tijd. Het landschap waarin de waarnemer zich bevindt kan aangepast worden. Verder is het mogelijk om een equatoriaal en een azimutaal raster weer te geven.

Gratis downloadbaar van en meer informatie op: <http://www.stellarium.org/nl>





Voorstelling ESERO Belgium

ESERO (European Space Education Resource Office)

ESERO is een project van de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA dat tot doel heeft jongeren te interesseren voor wetenschap en techniek door gebruik te maken van hun fascinatie voor ruimtevaart en sterrenkunde.

Ruimtevaart en haar vele toepassingen hebben een unieke eigenschap om jongeren te boeien. Deze fascinatie kan worden aangewend om een brede waaier van onderwerpen aantrekkelijker te maken. Dit leidt vaker tot een blijvende interesse voor wetenschap en techniek, zich vertalend in een overeenstemmende studie- en beroepskeuze.

ESERO staat ter beschikking van de onderwijswereld, zowel leerkrachten als toekomstige leerkrachten van het basis en het secundair onderwijs, om ruimtevaartgebonden educatieve projecten te ondersteunen.

Het ESERO bureau verdeelt educatief materiaal van ESA aan het onderwijs, organiseert informatiedagen en opleidingen specifiek gericht op leerkrachten, neemt deel aan diverse activiteiten om zowel jongeren als het grote publiek te sensibiliseren voor wetenschap en techniek.

Het Belgische ESERO-kantoor is gevestigd in het Planetarium van de Koninklijke Sterrenwacht.

Info : esero@planetarium.be – 02 474 70 58

De Europese ruimtevaartorganisatie ESA en Educatie

De afdeling Educatie van ESA probeert de interesse van de leerlingen voor wetenschappen en technologie aan te wakkeren en ontwikkelt daarvoor klasmateriaal. Dit is beschikbaar in verschillende talen en is ontworpen voor leerkrachten van alle studierichtingen. Het kan vrij gebruikt worden in de klas.

ESA beschikt over twee websites voor het onderwijs :

De site « EDUCATION » : www.esa.int/education stelt educatief materiaal voor (sites, boekjes, CD's, DVD's...).

De site « KIDS » <http://kids.esa.int>, in zes talen, biedt een groot aantal korte artikelen aan over de ruimtevaart. Speelse activiteiten en praktische toepassingen met vele voor de kinderen interessante illustraties zijn on-line beschikbaar. In de rubriek « Nieuws » wordt elke week recente informatie van de ESA- hoofdsite gepubliceerd die aangepast is aan de jeugd.

Wetenschappelijke projecten

- **Vlaamse sterrenkunde Olympiade** (www.sterrenkundeolympiade.be)

Jaarlijkse olympiade voor leerlingen die hieraan individueel kunnen deelnemen.

Periode januari – maart: oplossen van vragen via website

Uit alle inzendingen wordt een selectie van 5 à 6 finalisten gemaakt. Deze mogen een observatieproject uitwerken dat ze dan begin mei voor een jury moeten voorstellen.

De winnaar mag zijn observatie uitvoeren op de telescoop van de KUL in La Palma.

- **ASGARD Weerballon project** (www.esero.be - www.asgard-balloons.webs.com)

Een educatief wetenschappelijk project waarbij leerlingen actief de grenzen van de ruimte gaan verkennen door ter plaatse experimenten uit te voeren.

Met de hulp van het KMI wordt er een stratosfeerballon (deze vliegen tot een hoogte van 30 km) gelanceerd met een lading van ongeveer anderhalve kilo. Het grootste deel van deze lading wordt ter beschikking gesteld voor experimenten en proeven/ proefjes van leerlingen basis- en secundair onderwijs.

- **Cansat** (www.cansat.eu)

De CanSat competitie is ontworpen om leerlingen hoger secundair en bachelorstudenten de kans te geven om praktijk gerichte ervaring op te doen in het bouwen van een complex systeem waarin meerdere disciplines van belang zijn. In deze competitie moeten de jongeren in groep een kleine “satelliet” ontwerpen ter grootte van een frisdrank blikje waarin minstens een 3-tal verschillende meetinstrumenten zitten. Deze worden gelanceerd door middel van amateur raketten, en moeten vervolgens ‘heelhuids’ aan een parachute terugkomen naar de grond.

PLANETARIUM.be

Nuttige websites

<http://www.eaae-astronomy.org/home/>

De EAAE (European Association for Astronomy Education) is een organisatie die zich inzet voor het promoten van de sterrenkunde als lesonderwerp. De aanpak en onderwerpen die in hun summerschools behandeld worden zijn vaak multidisciplinair en rechtstreeks toepasbaar in een klasomgeving.

Een groot deel van de workshops die in vorige summerschools behandeld werden kan je terugvinden op: <http://eaae-astronomy.org/WG3-SS/WorkShops/IndexCD.html>

<http://www.euhou.net/>

Dit is de officiële website van het Europese project EU-HOU (European Hands On Universe).

Ze is vertaald in verschillende talen, maar alleen in de Engelse versie vind je voorlopig de meeste informatie.

Zeer interessant. Je vindt er veel uitgewerkte oefeningen. Je moet daarvoor wel het gratis programma SalsaJ downloaden (Nederlandstalige versie werkt nog niet).

Ook worden er regelmatig trainingssessies voor Europese leerkrachten georganiseerd ergens in Europa. Deze sessies voldoen aan de voorwaarden voor het verkrijgen van een Comeniusbeurs. Het verkrijgen van zo'n beurs is een omslachtig werk, maar in ruil krijg je alles (reis, verblijf) van je bijscholing terugbetaald.

<http://brage.oso.chalmers.se/salsa/>

Dit Zweedse project laat je toe gratis gebruik te maken van twee radiotelescopen in de buurt van Göteborg. Daarmee neem je de 21 cm waterstofstraling waar in het melkwegstelsel.

De resultaten kan je naar jezelf mailen. Verwerken is niet zo moeilijk door de duidelijke handleiding (ook in het Nederlands!). Je kan op deze manier een kaart maken van de spiraalarmen in onze Melkweg.

De radiotelescopen kan je zelf besturen. Dit kan je volgen met de webcam die livebeelden geeft van de site.

<http://www.heavens-above.com/>

Hier vind je heel wat informatie terug over planeten, zon, maan en sterrenbeelden.

Maar deze site is vooral interessant voor de voorspelling van passerende satellieten, zoals bijvoorbeeld het ISS.

Je kunt je locatie uiterst gedetailleerd ingeven met behulp van een kaart, zodat de voorspellingen zeer nauwkeurig zijn.

<http://www.spaceweather.com/>

Vooral interessant voor het volgen van de zonneactiviteit.

Je vindt er ook de aurora ovaal, die heel goed toont of en waar je poollicht kunt verwachten. Zeer interessant als je op reis gaat naar het Hoge Noorden.

<http://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronomy/auroramax/connect.asp>

Aansluitend bij de vorige website vind je hier livebeelden van het noorderlicht in Yellowknife, Canada. Uiteraard niet tijdens de zomer, omdat het daar dan niet echt donker wordt. Ook interessant zijn de opnamen van vorige maanden, met zelfs een top 10!

<http://www.astroex.org/>

Vier zeer interessante en goed uitgewerkte sterrenkundepractica van ESA/ESO. Ook in gedrukte vorm te verkrijgen.

<http://www.aegvzw.be/>

De Astro Event Group is een zeer actieve groep amateurastronomen. Op hun website vind je heel veel interessante informatie. Maar vooral hun maandelijks e-magazine "Guidestar" is een zeer uitgebreid en gevarieerd tijdschrift met prachtige layout. Gratis te downloaden op de site.

<http://htwins.net/scale2/>

Hier worden objecten getoond van verschillende grootte (in de hand van positieve en negatieve machten van tien). Je kan zo scrollen van zeer klein naar zeer groot.

