

**ASSOCIATIE  
KU LEUVEN**



**Vlaanderen**  
verbeelding werkt

met de steun van Wetenschapscommunicatie Associatie KU Leuven



SCIENCE TECHNOLOGY ENGINEERING MATHS

# Astronomie: Afstand en Tijd in het Heelal



*Frans R., Andreotti E., Schuermans M.*  
Expertisecentrum Art of Teaching - UC Leuven-Limburg  
Contact: [renaat.frans@ucll.be](mailto:renaat.frans@ucll.be)



**Vlaanderen**  
verbeelding werkt

**ASSOCIATIE  
KU LEUVEN**

met steun van Wetenschapscommunicatie  
Associatie KU Leuven - project Verbeeld Gedeeld  
UC Leuven-Limburg, Vives

Dit project mag gebruikt worden bv. in scholen en STEM-academies op voorwaarde dat de bron vermeld wordt. De inhoud mag niet voor commerciële doelen gebruikt worden.

Bij vragen kan u contact nemen met [Renaat.Frans@ucll.be](mailto:Renaat.Frans@ucll.be)

**Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)**



Under the following terms:

- *Attribution* — You must give [appropriate credit](#), provide a link to the license, and [indicate if changes were made](#). You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.
- *NonCommercial* — You may not use the material for [commercial purposes](#).

You can:

- *Share* — copy and redistribute the material in any medium or format
- *Adapt* — remix, transform, and build upon the material

The licensor cannot revoke these freedoms as long as you follow the license terms.

You have to refer to this work as follows:

Frans R., Andreotti E., Schuermans M. (2014) Astronomie: Afstand en Tijd in het Heelal. Art Of Teaching, UC Leuven-Limburg, Diepenbeek, Belgium

## STEM en STEM-workshops?



Mini  
stoommachine  
Huygen Wim, Alles over stoom,  
[users.telenet.be/bawi/stoom/](https://users.telenet.be/bawi/stoom/)

In de jaren 2000 werd in de VS het begrip “Integrative STEM Education” geïntroduceerd waarbij STEM staat voor “science, mathematics, engineering and technology”. Het doel van STEM was jongeren te stimuleren om een loopbaan in de STEM disciplines uit te bouwen. Om deze nieuwe “integratieve” aanpak aan te bieden werden verschillende onderzoeks- en coaching programma’s gestart. De Office of STEM Initiatives van de Maryland State Department of Education geeft volgende definitie : “STEM-onderwijs geeft het *geheel van vaardigheden en kennis weer dat noodzakelijk is om een **loopbaan** in STEM uit te bouwen*”. STEM-educatie wordt dus gezien als methode om de inhoud, vaardigheden en attitudes van wetenschappen, technologie, ingenieurswetenschappen en wiskunde te integreren.

De STEM-workshops die ontwikkeld werden in dit Associatieproject Wetenschapscommunicatie “Verbeeld Gedeeld” sluiten langs de ene kant aan bij deze aanpak maar leggen ook eigen accenten.

## Opzet van de workshop





Hoewel er veelvuldig gesproken wordt over STEM, is er slechts een beperkt zicht op wat een goede STEM-didactiek zou moeten zijn. Daarom werden deze STEM-workshops ‘STEM’ ontwikkeld vanuit een **brede visie op STEM**. Krijtlijnen van de visie waarvan de ontwikkelaars vertrokken zijn:

1. Een **samenhangend en coherent verhaal** dat de verschillende **disciplines** aantoonbaar kan **verbinden** waar dit zinvol is. Een diepe **verankering** van STEM als *waardevol* voor de **vorming** van elkeen (for all).
2. Een didactiek voor STEM gebaseerd op **vakdidactisch onderzoek** waarbij het **onderzoekend en ontwerpend leren** wordt gestimuleerd, **hands-on én minds-on**. Immers Wetenschappen en Techniek hanteren een consistent geheel van concepten die *niet zomaar toegankelijk* zijn voor de geïnteresseerde leek of jongere. Een goede wetenschapper is niet automatisch een goed leraar of communicator.
3. **Praktijkgerichte workshops** die de principes van onderzoekend en ontwerpend leren illustreren aan de hand van 6 exemplarische thema’s die zodanig uitgewerkt werden dat de kaders van het onderzoekend en ontwerpend leren duidelijk herkenbaar zijn en als dusdanig onmiddellijk kunnen ingezet worden in de praktijk zowel binnen als **buiten de school**.

De in dit project ontwikkelde workshops laten STEM-activiteiten zien vanuit een brede visie *voor elkeen* (dus niet noodzakelijk enkel voor die talenten die later gaan kiezen voor STEM). Het stellen van gerichte onderzoeksvragen het bepalen van de variabelen en het vooropstellen van een hypothese om deze via experiment te kunnen staven of weerleggen liggen aan de basis van wetenschappelijk leren denken. Belangrijk is in een beschouwende fase de link te leggen naar de realiteit. Techniek is ontwerpen in functie van eerder gedetecteerde behoeften en eisen. Techniek gaat over maken, uittesten en mogelijk herontwerpen. Het telkens weer terugkeren naar de praktijktest wordt gestimuleerd met als doel de brede wereld van STEM te laten zien.

Het ontwikkelde didactisch kader gebaseerd op onderzoekend en ontwerpnd leren met een brede visie op STEM, werd concreet gemaakt in een format voor de workshops. Via een aantal symbolen worden **typische houdingen** en **activiteiten** zichtbaar gemaakt. Deze kaders hebben niet de bedoeling een dwingend karakter voorop te stellen. Zij moeten bekeken worden als een leidraad waarmee op een flexibele wijze moet worden omgesprongen. De wereld van STEM, van onderzoek en ontwerp is immers heel breed en wetenschappers en technici werken maar zelden een bepaald schema af. Niet onbelangrijk zijn *intuïtie*, *inspiratie*, *verwondering* en het *verlangen naar begrijpen of ontwerpen* belangrijker drijfveren in STEM dan het volgen van een strak schema.

De STEM-workshops dragen bij tot een onderzoekende en ontwerpnde houding, Via samenwerking, logisch en kritisch denken, trachten we de jongeren de brede wereld van STEM te tonen. Dat daarmee ook interesse in STEM wordt gestimuleerd is meegenomen maar de workshops mogen daartoe niet vernauwd worden. Het gaat over wetenschappelijke en technische geletterdheid en dat is geldig voor iedereen.

Exploreren	Onderzoek / Ontwerp	Verklaren / Maken	Ruimer Kijken / Verbeteren
			
Verkennen, zich verwonderen, vragen stellen, behoeften of eisen detecteren...	Nadenken, hypothese opbouwen, variabelen onderzoeken, antwoorden zoeken, ontwerpen...	Resultaten, begrijpen, verklaren met model, maken, werkt het...	Verbeteren van het concept, in verband brengen met, klopt dit met wat we al weten? voorspellen, opnieuw dromen...

Een pakket neemt de vorm aan van:

- Handleiding voor leraren of workshopleider:** Doelstellingen, Achtergrondinfo, oplossingen, suggesties , didactische tips, Beschrijving van het benodigde materiaal en eventueel aangevuld met filmmateriaal over de uitvoering van sommige experimenten.
- Onderzoeksbundel** op niveau van IIn.  
De handleiding wordt op niveau van leerlingen eventueel aangevuld met onderzoekskaarten, onderzoeksfiches, een onderzoeksleidraad.... In een aantal gevallen is de handleiding voldoende om aan de slag te gaan met de IIn. en zijn geen bijkomende fiches voor de leerlingen gemaakt.

## STEM-workshops: welke en voor wie?

Voorliggend project Verbeeld Gedeeld wil vakdidactisch verantwoord STEM-leermateriaal aanbieden voor:

- a) **basisscholen** die STEM verder willen ontwikkelen in hun curriculum
- b) **secundaire scholen** met STEM-opties of met andere vormen van STEM in het curriculum
- c) **STEM-academies**.

De workshops richten zich naar verschillende doelgroepen rond volgende 6 thema's:

1. **Muziek en Wetenschappen** (3gr LaO – 1gr SO)  
Hoe ontstaat geluid? Wat is geluid? Wat is toon? Hoe kunnen we samenklinkende en niet-samenklinkende tonen produceren? Schuilt er wiskunde achter de schoonheid van muziek?
2. **Astronomie: Afstand en Tijd in het Heelal** (1 gr SO)  
Met eenvoudige materialen en soms geholpen door planetariumsoftware, onderzoeken we de afstanden in ons zonnestelsel en het heelal. Kunnen we de aardomtrek meten met schaduwen? Kunnen we ons ook de enorme tijdschaal voorstellen van het ontstaan van het heelal tot nu?
3. **Voortstuwen met een ballon** (2gr LaO)  
Wanneer we een ballon opblazen en dan loslaten vliegt die in alle richtingen in het rond. Maar hoe komt dit? Kinderen gaan op zoek naar hoe ze lucht als krachtbron gericht kunnen toepassen. Met de bekomen inzichten proberen ze zelf een wagen te bouwen die zelfstandig recht vooruit kan rijden. Een opdracht waarbij ze ook botsen op uitdagingen zoals het laten draaien van een as die moet vastgehecht zijn aan de wagen. .
4. **Silhouetten in de spotlights** (2gr LaO)  
Wanneer lichtinval tegengehouden wordt door bepaalde objecten ontstaan er schaduwen. Deze schaduwen kunnen naar vorm of grootte op tal van punten verschillen van elkaar . Maar wat zorgt ervoor dat die schaduwen zo divers zijn? Bij deze activiteit dagen we kinderen uit om op onderzoek te gaan naar de variabelen die zorgen voor verschillende schaduwen. Ze gaan observeren, experimenteren met lichtbronnen/voorwerpen en uiteindelijk een eigen schaduw(kunst)werk maken met de vergaarde inzichten.
5. **Stoffen uit de natuur – KruidjeRoerJeWel** (3 gr. LaO, 1ste gr SO)  
Aan de hand van een conceptcartoon worden we voor het probleem geplaatst dat water en olie niet mengbaar zijn. We ondervinden dat materie hydrofiel en lipofiel kan zijn en dat een emulgator beiden is. We gaan dit na door een emulsie te maken met een kruidenolie, een infuus van een kruid en een emulgator. We ontdekken dat kruiden nuttige inhoudsstoffen bevatten waar we gebruik van kunnen maken. Het resultaat is een smeùige emulsie, een echte cosmetische handcrème!
6. **Ontwerp en maak een appelsortermachine**  
(2gr – 3 gr LaO)  
Kinderen gaan probleemoplossend aan de slag om een appelsortermachine te maken. Ze krijgen 3 soorten appels aangeboden: twee hebben een gelijke grootte maar verschillen in gewicht en een derde is kleiner dan de twee andere. Hoe de verschillende soorten appels van elkaar scheiden? Na ontwerp en realisatie van de appelsorteerder wordt de sortermachine getest.

## Inhoudsopgave

Voorwoord bij Afstand en Tijd in het Heelal .....	7
1 Onze ‘ nabije’ plaats in het heelal .....	7
2 Zich kosmische tijden voorstellen. ....	9
2.1 Een korte geschiedenis van het heelal .....	10
2.2 Kosmische kalender .....	10
3 Omtrek van de aarde bepalen.....	12
3.1 Kan men de omtrek van de aarde bepalen met schaduwen?.....	12
3.2 Omtrek van een wereldbol bepalen door schaduw lengte van een stokje te meten.....	17
3.3 Omtrek van de echte aarde bepalen door schaduw lengte van een stok te meten.....	19
4 Hoe kunnen we de diameter van de aarde bepalen? .....	20
5 Materiaallijst.....	21

Dit project mag gebruikt worden in scholen en STEM-academies en overal elders **op voorwaarde dat de bron vermeld wordt**. De inhoud mag expliciet **niet voor commerciële doelen** gebruikt worden.

Frans R., Andreotti E., Schuermans M. (2014) Astronomie: Afstand en Tijd in het Heelal. Art Of Teaching, UC Leuven-Limburg, Diepenbeek, Belgium

## Voorwoord bij Afstand en Tijd in het Heelal

De mensheid heeft altijd het verlangen gehad om de wereld waarin hij leeft te verkennen en te begrijpen. Steeds was men verwonderd over de verschijnselen die men waarnam aan de hemel.

De astronomie is in die zin waarschijnlijk de oudste wetenschap. Graag nemen we je mee op een reis door het nabije en verre heelal. *“Astronomie: Afstand en Tijd in het Heelal”* is in de eerste plaats bedoeld voor jongeren 12-14 jaar, maar kan ook, mits enige aanpassing, bij andere leeftijden gebruikt worden.

### 1 Onze ‘nabije’ plaats in het heelal



De aarde waarop we leven, maakt samen met andere planeten deel uit van het .....

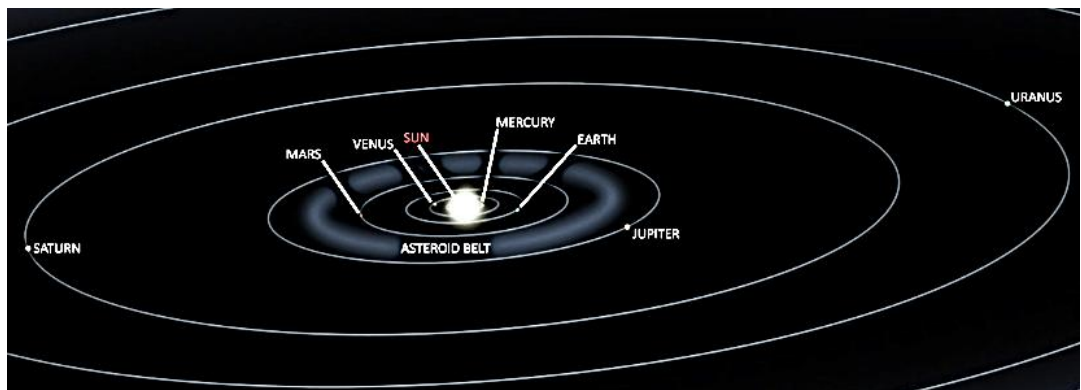


Laten we onze plaats in het universum verder onderzoeken. Dit kunnen we doen met behulp van ‘Earth's location in the universe’ op

[https://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?Category=Planets&IM\\_ID=17845](https://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?Category=Planets&IM_ID=17845)

of op

[http://rootstrata.com/rootblog/wp-content/uploads/2010/05/Universe\\_Reference\\_Map\\_Location\\_001.jpeg.jpg](http://rootstrata.com/rootblog/wp-content/uploads/2010/05/Universe_Reference_Map_Location_001.jpeg.jpg)

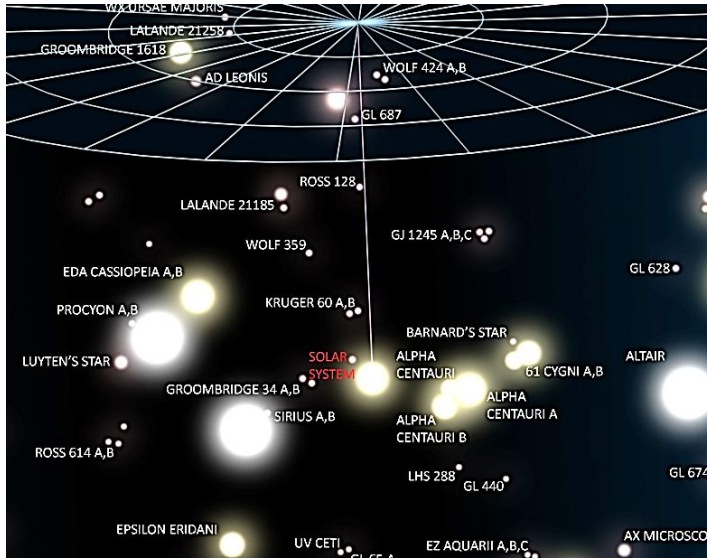


Welke is onze buurplaneet in de richting van de zon? .....

Welke is onze buurplaneet in de richting weg van de zon? .....



Maar onze zon is maar één van de vele sterren. In de buurt van de zon, staan nog andere sterren. Laten we verkennen welke sterren ‘in de buurt’ staan van de zon. Ga naar de figuur “Solar Interstellar Neighborhood”.



Welke sterren staan kort bij de zon?.....



Als we nog verder uitzoomen dan zien we dat onze zon en vele sterren een sterrenstelsel vormen. Ons sterrenstelsel heet de ..... Bijna alle sterren die je aan de hemel ziet, zijn sterren van onze Melkweg.

Je kan op een donkere (zomer)nacht de Melkweg zien als een mistige ‘wolk’ die zich als een band over het uitspansel staat.

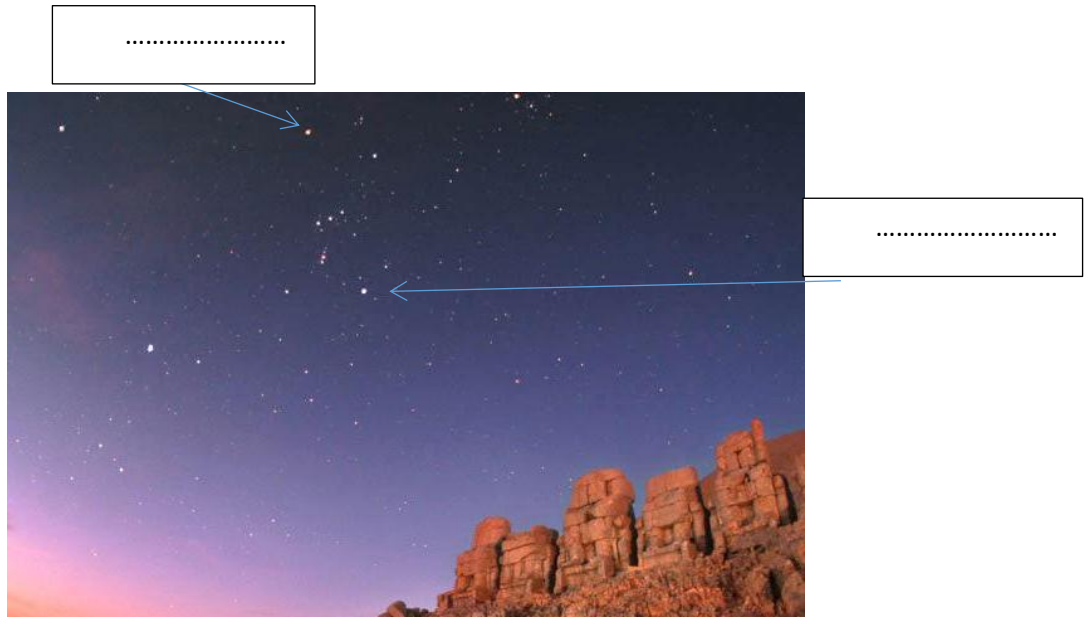


*De melkweg toont zich als een band aan de hemel. Je kan het waarnemen op donkere plaatsen zoals hier boven het Griekse eiland Corfu. De donkere zones in het midden zijn de stofwolken die ons het zicht beletten naar het centrum van ons sterrenstelsel. In de verte zijn ook bliksems te zien op het Griekse vasteland.*

Bron Foto: Nasa, astronomy picture of the day <http://apod.nasa.gov/apod/ap130703.html>



Laten we eens kijken naar het sterrenbeeld Orion dat je in de winter aan onze hemel kan zien. Zoek de namen van de ster linksboven en rechtsonder op.



*Het Orion-sterrenbeeld boven de berg Nemrut in Turkije. (Bron: Astronomy Picture of the day, Nasa)*



Wil je weten hoe dit sterrenbeeld er aan onze hemel uitziet? Start dan het programma Stellarium ([www.stellarium.org](http://www.stellarium.org)), stel datum en tijd in op een dag in de winter. Zoek Orion aan de sterrenhemel. Gevonden? Door te klikken op de sterren kan je de naam en afstand achterhalen.

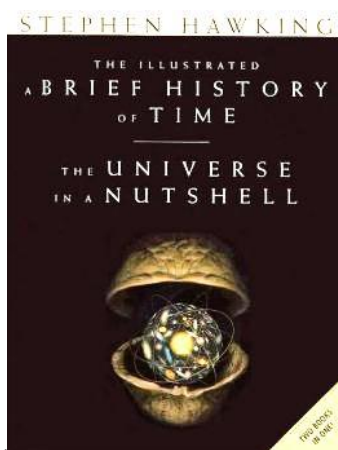


Laat ons nu met behulp van het programma 'Stellarium' (gratis software [www.stellarium.org/nl/](http://www.stellarium.org/nl/)) de tijden die we in bovenstaande berekening nodig hebben achterhalen.

## 2 Zich kosmische tijden voorstellen.



Nu het probleem voor ons mensen is dat we maar een zekere tijd leven. Het universum waarin we leven is veel ouder dan wijzelf en zal ook veel langer bestaan dan wij kunnen leven. Wij mensen zijn dus beperkt in onze tijdservaring. Er zijn veel langere (en ook kortere) tijden mogelijk dan wij in ons leven ervaren.



Toch kunnen we ons in gedachten met zulke lange tijden redeneren.

We vragen ons bv. af 'hoe oud is het heelal?' en 'hoe lang zijn er al mensen?' "En hoe lang is er al leven op aarde?"

Als we deze vragen willen onderzoeken moeten we ons een voorstelling kunnen maken van de tijdschalen waarop het ontstaan en de evolutie van ons universum zich afspeelt.



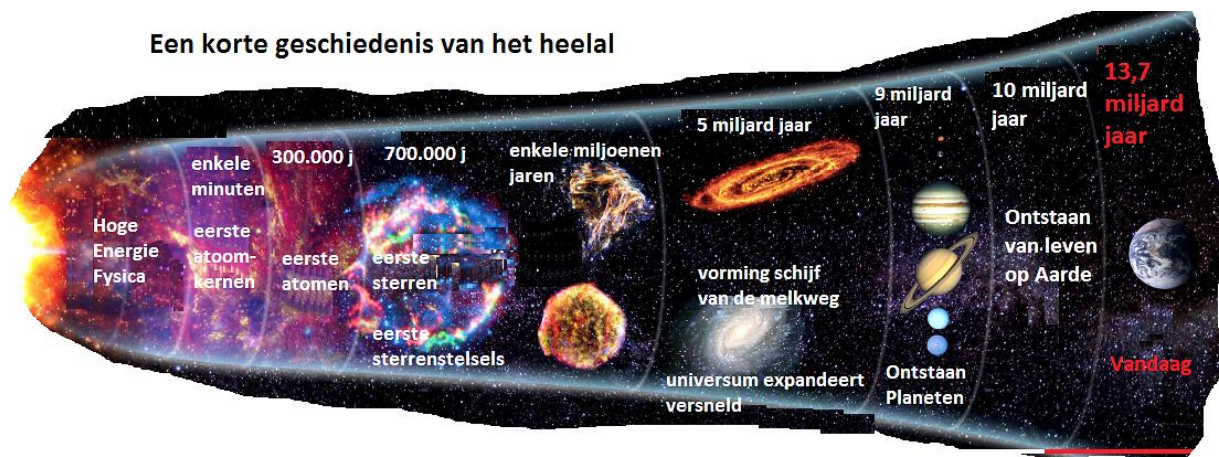
Tot midden van de 20<sup>ste</sup> eeuw waren er nog wetenschappers die dachten dat het heelal eeuwig en onveranderlijk was (de zogenaamde “steady state” theorie). Maar fysici zoals onder andere onze Belgische natuurkundige Georges Lemaître, veronderstelden dat het heelal ontstaan is en evolueert. Het is dus niet onveranderlijk maar verandert op kosmische tijden.

Met Einsteins algemene relativiteitstheorie worden heelalmodellen berekend en tracht men na te gaan hoe het heelal vanuit een primitieve toestand geëvolueerd is naar het heelal dat wij nu kennen.

## 2.1 Een korte geschiedenis van het heelal



Op de figuur hieronder zie je hoe wetenschappers vandaag het ontstaan en de evolutie van ons universum in de tijd plaatsen.



(Bron eigen bewerking op basis van de ‘History of the Universe Timeline’ <http://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/science/physics-and-astronomy/history-the-universe-timeline> )

De Big Bang mag je je niet voorstellen als een ontploffing in een bestaande ruimte op een bepaald ogenblik. Integendeel bij de big bang is de 4-dimensionale ruimte en tijd zelf ontstaan. Daarvoor was er geen ruimte en geen tijd.

## 2.2 Kosmische kalender



Om nu een idee te krijgen van de kosmische tijden die verstrijken bij de evolutie van het heelal, willen we kosmische kalender maken. We gaan 18 kosmische gebeurtenissen plaatsen op de juiste pagina van een dikke kalender-encyclopedie, die de geschiedenis van ons heelal beschrijft.

Op pagina 1 wordt de Big Bang verteld. Op de laatste pagina staat verteld wat er vandaag gebeurt (dus 13,7 miljard jaar later).

De encyclopedie heeft met in totaal 140.000 bladzijden. Dit krijgen we waarschijnlijk niet in één boek want 1000 bladzijden voor een boek is al heel veel.



We moeten nagaan hoe de bladzijden overeenkomen met jaren. Tracht volgende tabel in te vullen. We ronden de leeftijd van het heelal gemakshalve af tot 14 miljard

jaar.

Aantal jaren	Aantal pagina's
14 miljard jaar	140.000
1 miljard jaar	.....
1 miljoen jaar	.....
100.000 jaar	.....

Kun je nu deze 18 gebeurtenissen op de juiste pagina plaatsen van je encyclopedische kalender?

Gebeurtenis:	Paginanummer
1. 'Big Bang'? Verstrekten tijd sinds ontstaan heelal .....	
2. Vorming schijf van de melkweg? Verstrekten tijd sinds ontstaan heelal .....	
3. Ontstaan aarde? Verstrekten tijd sinds ontstaan heelal .....	
4. Ontstaan eerste sterren? Verstrekten tijd sinds ontstaan heelal .....	
5. Eerste eencellig leven op aarde: 10 miljard jaar na Big Bang.	
6. Algen, de eerste planten: 13 miljard jaar na Big bang	
7. Vissen hogere planten: 500 miljoen jaar geleden	
8. Reptielen: 350 miljoen jaar geleden	
9. Dinosauriërs: 200 miljoen jaar geleden	
10. Opkomst zoogdieren en vogels: 65 miljoen jaar geleden (tegelijk uitsterven dinosauriërs)	
11. Australopithecus: 4 miljoen jaar geleden	
12. Homo Habilis: 2,5 miljoen jaar geleden	
13. Homo Sapiens: 200.000 jaar geleden	
14. Begin van onze tijdrekening: ..... jaar geleden	
15. Middeleeuwen (ca. jaar 1000 na Christus): ..... jaar geleden	
16. Stoommachine ca. 1800 ..... jaar geleden	
17. World Wide Web 1991: ..... jaar geleden	
18. Jouw geboortjaar: ..... jaar geleden	

### 3 Omtrek van de aarde bepalen

#### 3.1 Kan men de omtrek van de aarde bepalen met schaduwen?

Heb je je al ooit afgevraagd hoe men de omtrek van de aarde zou kunnen meten? Hoe zouden we dat kunnen doen?

.....

.....

Misschien heb je voorgesteld om rond de aarde te lopen met een koord en dan de lengte van die koord te meten. Of met een ruimteschip rond de aarde vliegen en zo de afstand te meten. Dit zou allemaal kunnen werken maar simpel is dat niet.



De Griekse filosoof Eratosthenes had in 240 voor Christus al het verlangen om de omtrek van de aarde te meten. De Griekse filosofen waren er immers toen al van overtuigd dat de aarde rond was. Maar hoe zou hij dat kunnen doen? Rond de aarde reizen was zeker niet haalbaar in die tijd.



Laten we onderzoeken hoe men toch de omtrek kan meten van een geheel door de omtrek van een deel ervan te meten. Laten we die gedachte eens toepassen op een pizza.



**Kan je de omtrek van de pizza hiernaast meten door slechts een gedeelte van de omtrek te meten? Hoe zou je dat doen?**

.....

.....



Het idee dat je hier gebruikt is gelijkaardig aan het idee van Eratosthenes om de omtrek van de aarde te bepalen. Als hij de aarde in kleine 'stukjes' kon verdelen, dan moest hij maar een kleine afstand vinden om de volledige omtrek van de aarde te bepalen!

- Meet de omtrek van één stuk van de pizza: .....
- Het hoeveelste deel is dit van de totale omtrek: .....
- Hoe vind je dan de totale omtrek van de pizza: .....
- Wat vind je voor de hele omtrek van de pizza: .....

Laten we dit toepassen op de aarde

### Welk deel van de aardomtrek kiezen?

Eratosthenes was bibliothecaris in de befaamde bibliotheek van Alexandrië (huidig Egypte). Quasi recht onder Alexandrië, namelijk 787km zuidelijker, ligt Syene (het huidige Aswan)

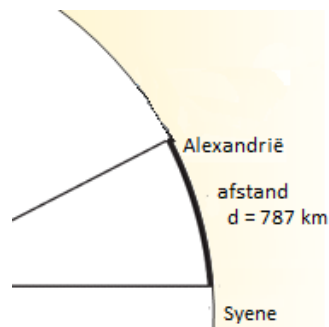
### Maar het hoeveelste deel van de aardomtrek is de afstand Alexandrië-Syene?

Kon Eratosthenes het getal bepalen waarmee hij die 787 km moest vermenigvuldigen om de aardomtrek uit te komen?

Het was hem opgevallen *dat op de dag dat de zomer begint* (welke dag is dat? ..... ) een stok op het middaguur **in Alexandrië een schaduw achterlaat**. Maar meer naar het zuiden, **in Syene werpt een stok helemaal geen schaduw** op de grond.

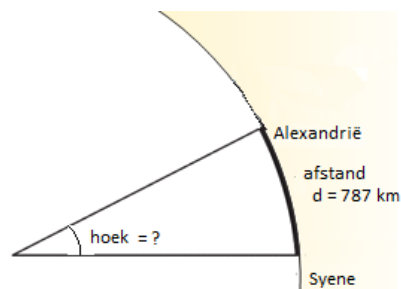


De ligging van Syene, huidige Aswan ten zuiden van Alexandrië  
(Bron figuur: world year of Physics 2005)



787 km ten zuiden van Alexandrië ligt Syene. Beide steden liggen quasi 'recht onder elkaar', op een meridiaan.

### Maar het hoeveelste deel van de totale aardomtrek zou de afstand Alexandrië-Syene zijn?



Om dat te bepalen had Eratosthenes het idee om de hoek te bepalen tussen deze 2 steden gezien vanuit het middelpunt van de aarde.

Immers als hij die hoek zou kennen, wist hij het hoeveelste deel deze hoek is van een volledige hoek van  $360^\circ$ .

## Hoe nu de hoek bepalen tussen Syene en Alexandrië?

Het was Eratostenes opgevallen dat op de dag dat de zomer begint, een stok in Syene *helemaal geen schaduw* achterlaat.

**Kan je met het invallen van de zonnestralen verklaren waarom in Alexandrië toch nog schaduw is en in Syene niet?**

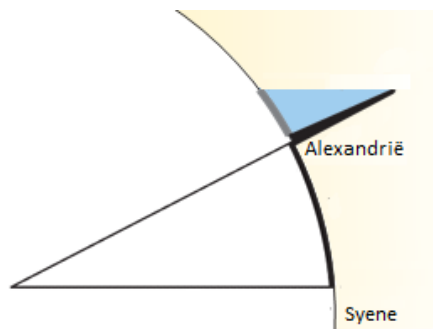


Laten we dit onderzoeken op een modelaarde. Plak stokjes op een modelaarde: een blad papier dat je een beetje buigt om de ronde aarde voor te stellen.

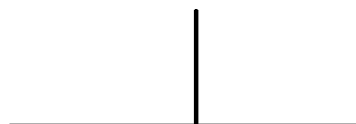
Schijn nu met een lamp recht boven het middelste stokje. Hou je lamp stil in de positie dat er geen schaduw valt van het middelste stokje.

Wat gebeurt er met de schaduw van de stokjes ten noorden en ten zuiden van deze stok?

Verklaar **waarom in Alexandrië wel en in Syene geen schaduw is: Teken nu de invallende zonnestralen in Alexandrië en Syene.**



Teken ook hier de invallende zonnestralen en verklaar waarom er al dan niet een schaduw valt vanaf de stok.

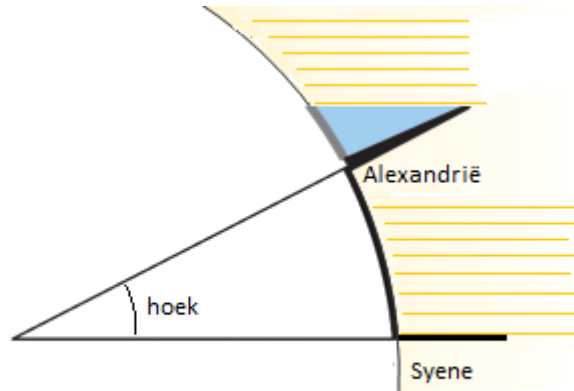


Alexandrië



Syene

Eratosthenes zoekt dus de hoek tussen Alexandrië en Syene. Maar die hoek kan je niet rechtstreeks meten. Ontdek in de figuur hieronder waar je die hoek ook terugvindt? Duid deze hoek aan en schrijf er langs 'te meten hoek'



Als hij dan op 21 juni 's middags de 'te meten hoek' meet in Alexandria, op dezelfde dag dat de zon recht boven Syene staat, dan is de hoek van de schaduw daar dezelfde als deze van het 'stukje' aarde tussen Alexandria en Syene.

Nu Eratosthenes mat deze hoek op 21 juni in Alexandrië:

$$\text{te meten hoek} = 7,2^*$$

Vermits een volledige cirkel een hoek bestrijkt van 360°. Hoe kon Eratosthenes dan weten hoeveel maal groter een volledige omtrek is?

$$\text{aantal keer groter} = \frac{360^\circ}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

Met hoeveel moest Eratosthenes bijgevolgd de 787 km vermenigvuldigen tussen Alexandrië en Syene?

Een recente meting voor de omtrek van de aarde bedraagt 40 075 km.. Dus niet slecht gedaan in 240 v. Christus niet?



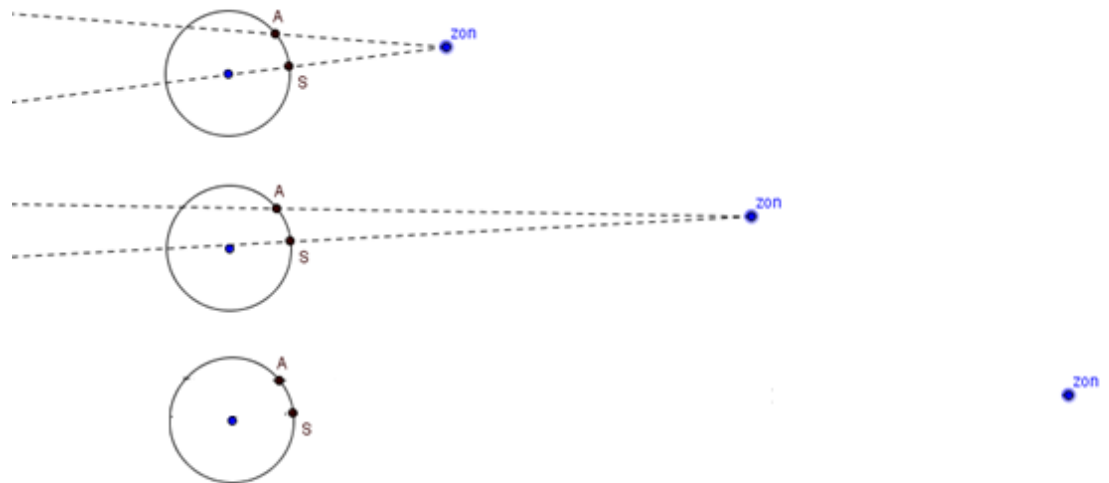
Het moeilijkste voor Eratosthenes was om de afstand Alexandrië – Syene juist te bepalen. Men deed dat door het aantal uren te bepalen dat iemand onderweg was tussen de twee steden! Welke waarde moet men dan nog kennen?

.....

Een andere afwijking was dat Eratosthenes veronderstelde dat de zonnestrallen evenwijdig invallen. Dat is bijna maar niet helemaal het geval.



**Maken we een grote fout door de zonnestrallen evenwijdig te tekenen?** Onderzoek dit op onderstaande figuur door de zonnestrallen te tekenen ook bij de onderste figuur:



Nu in feite staat de zon in verhouding nog veel verder. Maken we een grote fout door de zonnestrallen als bijna evenwijdig te beschouwen? (Ja/Nee)

### 3.2 Omtrek van een wereldbol bepalen door schaduwlengte van een stokje te meten

Laten we nu, zoals Eratosthenes de omtrek van een (model-)wereldbol bepalen door de schaduw te meten van een stokje.



#### Experiment

##### Benodigheden:

- Een wereldbol of grote ballon
- Lamp
- Twee kleine stokjes (even groot) en plasticine
- Geodriehoek (en lintmeter)



##### Werkwijze:

- Plaats de twee stokjes op de wereldbol m.b.v. de plasticine;
- Schakel de lamp aan. Schijn zodat één stokje geen schaduw heeft;
- Meet de lengte van de schaduw bij het tweede stokje;
- Meet de afstand tussen de twee stokjes;
- Meet de lengte van de twee stokjes;
- Meet de omtrek van de wereldbol;
- Bereken de hoek van de schaduw (zie: Uitwerking);
- Gebruik de methode van Eratosthenes om de omtrek van de wereldbol te bepalen.

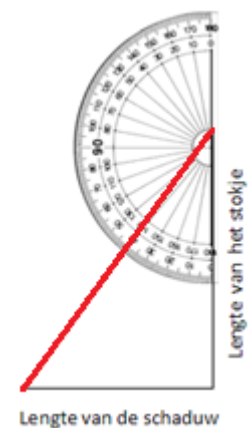
##### Meetresultaten:

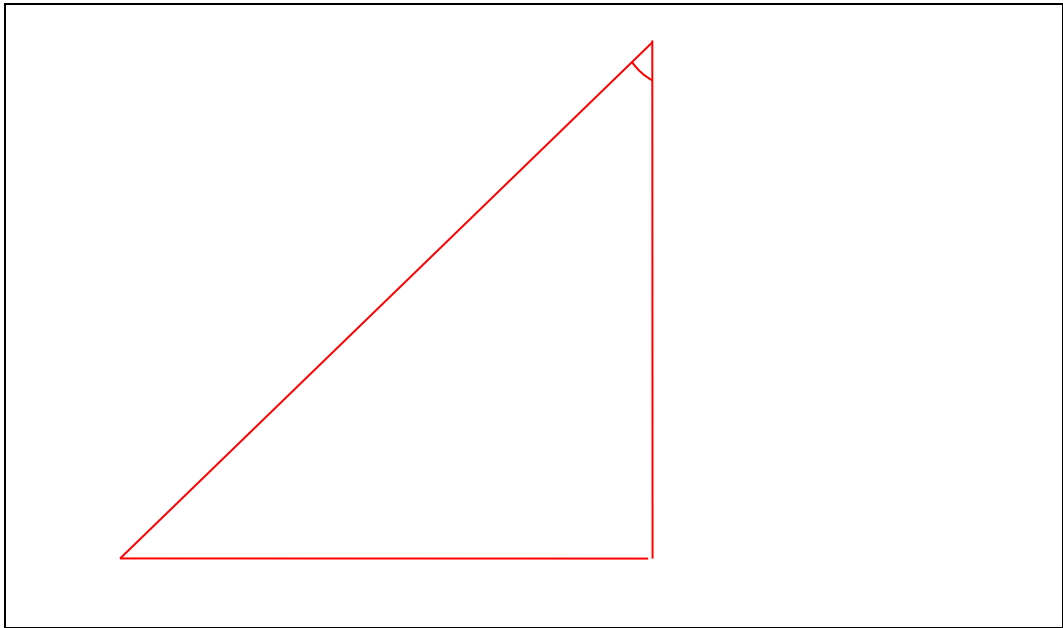
- Lengte van de schaduw: .....
- Afstand tussen de twee stokjes: .....
- Lengte van de twee stokjes: .....
- Gemeten omtrek wereldbol: .....

##### Uitwerking:

Om de hoek van de schaduw te bepalen, voer je de hieronder vermelde stappen uit op de volgende pagina.

1. Teken de lengte van de schaduw.
2. Loodrecht hierop teken je de lengte van het stokje.
3. Verbind het vrije uiteinde van de lengte van de schaduw met het vrije uiteinde van de lengte van het stokje (zie rood lijnstuk op de tekening).
4. Meet de hoek zoals hiernaast is weergegeven.





Hoek van de schaduw: .....

Hoeveel keer gaat deze hoek in de wereldbol (zie methode Eratosthenes)?

.....  
.....  
.....

Dit betekent dat de afstand tussen de stokjes ..... keer in de omtrek van de wereldbol gaat.

Wat is de omtrek van de wereldbol volgens de methode van Eratosthenes?

.....  
.....

Op deze manier berekende Eratosthenes ook de omtrek van de aarde.

Conclusie:

Vergelijk de gevonden waarde met de gemeten omtrek van de wereldbol:

.....

### 3.3 Omtrek van de echte aarde bepalen door schaduwlengte van een stok te meten

Je kan ook de omtrek van de aarde echt meten door

#### 1. op 21 juni (de dag dat de zomer begint)

Op die dag staat de zon recht boven kreeftskeerkring. Als je de afstand van jouw gemeente tot de kreeftskeerkring kent, kan je opnieuw met de hoek te meten tussen de zonnestrallen en de stok de aardomtrek bepalen.



#### 2. op 21 maart of 21 september (de dag dat de lente of herfst begint)

Op die dag meet je de hoek die de zonnestrallen maken met de stok. Vermits de zon op die dag, recht boven de evenaar staat, heeft een stok op die dag geen schaduw. Bepaal dus de afstand tot de evenaar (Brussel ligt bv. in vogelvlucht op 5650 km van de evenaar) en vermenigvuldig dat met de verhouding  $360^\circ/\text{gemeten hoek}$  en je vindt de aardomtrek!

Je kan meedoen met andere scholen aan het meten van de omtrek van de aarde. Zie daarvoor bv. <http://eratosthenes.ea.gr> of <http://www.eratosthenes.eu/>

**ERATOSTHENES EXPERIMENT**  
**23.09.2015**

ERATOSTHENES EXPERIMENT GALLERY LESSON PLANS ▾ CONTESTS ▾ SUBMIT YOUR DATA LINKS

**WELCOME**

Welcome to the Eratosthenes Experiment platform!

- **REGISTRATION IS NOW CLOSED. THANK YOU FOR YOUR PARTICIPATION!**
- **ERATOSTHENES PHOTO CONTEST OPEN UNTIL THE 15th OF OCTOBER!**
- If you've participated in the Eratosthenes Experiment, please [Submit your Data](#). If not, don't worry, there will be more Events in the future. [Leave your email](#) and be informed.

**SUBMIT YOUR DATA**

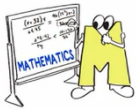
Don't miss the opportunity to attend the Inspiring Science Education Academy, where you will have the chance to plan activities for your students, such as the Eratosthenes Experiment.

**LEARN MORE >>**

## 4 Hoe kunnen we de diameter van de aarde bepalen?

Nu we volgens de methode van Eratosthenes de omtrek van de aarde hebben bepaald, gaan we op zoek naar de diameter van onze aarde.

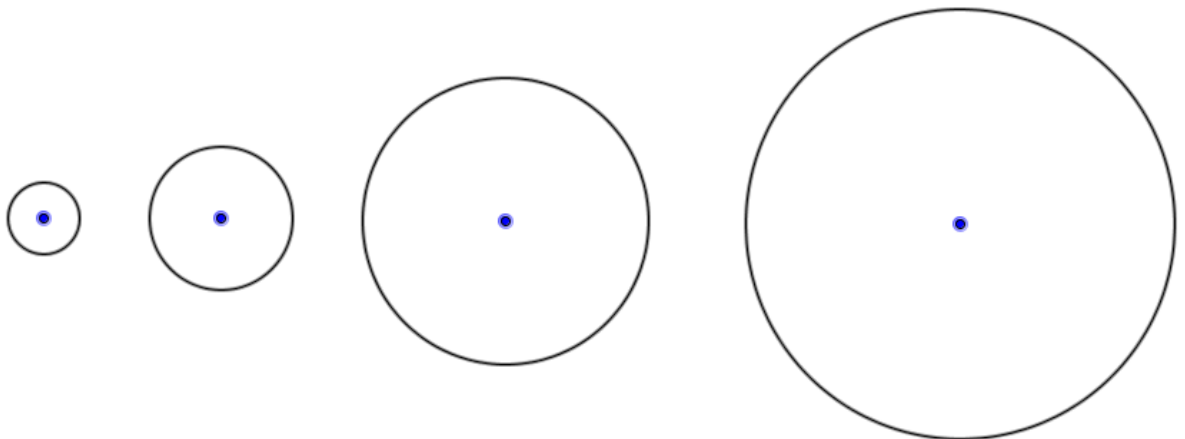
Kunnen we misschien een verband vinden tussen de gekende omtrek van de aarde en de te zoeken diameter van de aarde?



We gaan een formule proberen op te stellen aan de hand van de volgende opdracht:

Bereken telkens voor de onderstaande cirkels hun omtrek, diameter en de verhouding  $\frac{\text{omtrek van de cirkel}}{\text{diameter van de cirkel}}$ .

De omtrek van de cirkels kan je eventueel bepalen door met een touwtje over de omtrek van de cirkels te gaan en de lengte van het nodige stuk touw te meten. De gemeten lengte is dan meteen de omtrek van de cirkel.



	Cirkel 1	Cirkel 2	Cirkel 3	Cirkel 4
Omtrek				
Diameter				
$\frac{\text{omtrek van de cirkel}}{\text{diameter van de cirkel}}$				

Wat kan je besluiten over de verhouding  $\frac{\text{omtrek van de cirkel}}{\text{diameter van de cirkel}}$ ?

$$\frac{\text{omtrek van de cirkel}}{\text{diameter van de cirkel}} = \dots \dots \dots$$

Nu bepaal je de diameter van onze aarde (gebruik hiervoor de exacte omtrek van de aarde):

.....  
.....  
.....  
.....

Wat is de werkelijke diameter van de aarde? .....

## 5 Materiaallijst

1. Wereldbollen: opblaasbaar of vaste
2. 1 blad met plak buddy om dingen te bevestigen
3. Ballonnen ( vier kleuren; wit, blauw, rood en geel)
4. 5 zaklampen
5. enkele schaarstukjes
6. kleine stokjes te bevestigen op de model aarde
7. geodriehoeken bij voorkeur flexibel
8. touwtjes om de omtrek na te meten