

MeerSTEMmig – Astronomie

Rotatiebeweging van de zon

Frans R., Andreotti E., Schuermans M., Tamassia L. – UCLL Lerarenopleiding campus Diepenbeek

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.

Astronomie kan een natuurlijke context bieden voor STEM. Het roept wetenschappelijke vragen op maar vaak is technische apparatuur en software nodig om deze vragen te onderzoeken.

In dit voorbeeld vragen we ons af hoe lang de rotatietijd van de zon is.

Doelen

1. Inzien dat de rotatietijd van de zon niet overal gelijk is
2. Een benadering van de rotatietijd van de zon kunnen berekenen aan de hand van de beweging van de zonnevlekken



Astronomie

Maandag 21/11/2016

Afstanden in tijd en ruimte, bewegingswetten op aarde en in het heelal, een beetje wegruis tussen de sterren (met software) ... Astronomie vormt een rijke STEM-context waarin ook de 3f tot zijn recht kan komen.

Recyclage op school

Maandag 13/03/2017

Je eigen waterzuiveringsstation bouwen, oud papier recycleren, (bio)plastics, recyclage van metalen, biogasgenerator, polymassa in de natuur, ... vele mogelijkheden om bruikbare STEM-verbindingen te maken in de klas.

Volg de voorbereidingen van deze sessie via [Facebook](#).



Automatisatie

Vrijdag 05/05/2017

Met tools zoals Arduino, Scratch, Festo ... kijken we naar automatisatie vanuit T en E maar ook vanuit S. Concreet lesmateriaal wordt aangeboden en je mag het hands-on uittesten!

http://www.vakdidactiek.be/MeerSTEMmig_16-17

UC Leuven-Limburg, Lerarenopleiding campus Diepenbeek

Expertisecentrum Art of Teaching – Vakdidactiek – www.vakdidactiek.be

UC Leuven-Limburg, Lerarenopleiding campus Diepenbeek

Agoralaan gebouw B, bus 4, 3590 Diepenbeek – Belgium

T +32 (0)11 180 460

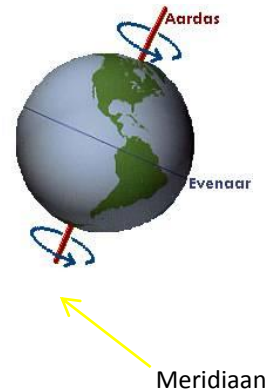
Rotatiebeweging van de zon

1 Rotatietijd van de zon: kwalitatief

1.1 Rotatietijd voor de aarde



Als we denken aan de aarde, draait het aardoppervlak van de aarde overal rond de aardas op dezelfde tijd? Denk bijvoorbeeld aan de punten langs een meridiaan.



.....

Vul nu eerst de formule voor de *snelheid* aan: $v = \frac{\dots}{\dots}$

Wat is x voor een punt op het aardoppervlak? Met andere woorden, welke afstand legt een punt op het aardoppervlak af in een dag (een volledige rotatie rond de aardas)? Maak hieronder een tekening voor twee verschillende punten langs een meridiaan.



Afstand door een punt op het aardoppervlak afgelegd in **een dag**.

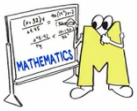
Besluit: de afstand die een punt op het aardoppervlak in een dag aflegt, is gelijk aan

.....
 De omtrek van de aarde is niet overal hetzelfde!
 Waar is hij korter en waar langer?

.....

Als je nu terugdenkt aan de formule voor de snelheid, wat kan je dan besluiten over de snelheid van het aardoppervlak? Maak een vergelijking tussen de evenaar en een plaats korter bij de polen.

.....



Probeer eens enkele waarden in te vullen en te vergelijken met elkaar.

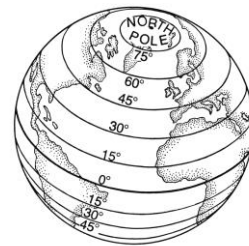
Vul in “groter dan, kleiner dan of gelijk aan (<, >, =)”

v_1 (m/s)	<, >, =	v_2 (m/s)
$v_1 = \frac{.. m}{1 s}$		$v_2 = \frac{... m}{1 s}$
$v_1 = \frac{... m}{3600 s}$		$v_2 = \frac{... m}{3600 s}$
$v_1 = \frac{... m}{1 s}$		$v_2 = \frac{... m}{1 s}$



Alles even samenbrengen:

- Waar je ook bent op aarde, het duurt overal even lang voordat de aarde 1 maal rond zijn as is gedraaid:
→ t is dezelfde
- Als je korter bij de Noordpool bent, is de omtrek van de aarde op die breedtegraad kleiner dan een breedtegraad dicht naar de evenaar:
→ x is NIET dezelfde



We nemen nu terug de formule voor de snelheid. Probeer met behulp van de bovenstaande beschrijving de volgende zin aan te vullen.

Wanneer de afgelegde afstand in een bepaalde tijd groter wordt, dan zal de snelheid worden. Een punt op het aardoppervlak beweegt (*sneller/ trager*) indien het een grotere afstand in dezelfde tijd als een ander punt aflegt.

1.2 Rotatietijd van de zon: een mysterie?



Bij de zon is iets anders aan de hand dan op aarde. Probeer dit eens te beschrijven aan de hand van de volgende afbeelding.

.....

.....

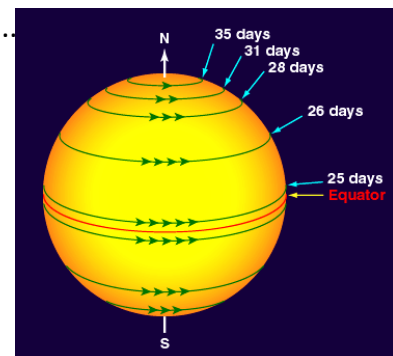
.....

.....

.....

.....

.....



Equator = evenaar

Waar?	Evenaar	Korter naar de polen
Rotatietijd ¹		
Afgelegde afstand (omtrek op een bepaalde breedtegraad)		

¹De tijd die nodig is om op het (zon)oppervlak rond de rotatie as te gaan.



Als we op de aarde twee voorwerpen op dezelfde meridiaan plaatsen, duurt het even lang voor de twee voorwerpen om een volledige cirkelbeweging te maken rond de aardas. Zou dit bij de zon ook het geval zijn en waarom?

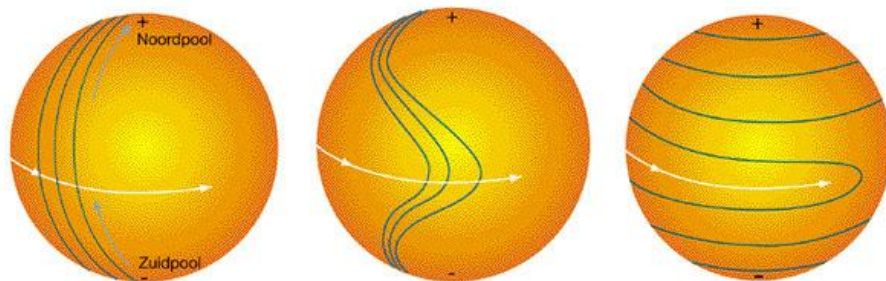
.....

.....

.....

.....

Hieronder zie je nog eens hoe het oppervlak van de zon rond de as van de zon draait.



Als je op de evenaar van de zon gaat staan, duurt het dagen vooraleer je rond bent. Bij de polen van de zon duurt het dagen.



Door dit verschil in draaisnelheid wordt de zon eigenlijk voortdurend door elkaar geroerd.

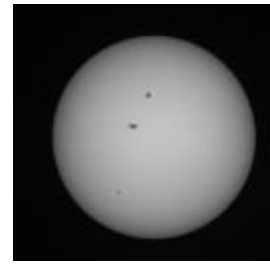
Hieronder staan vijf afbeeldingen van de zon. Op elk van deze afbeeldingen zijn verschillende *zonnevlekken* te herkennen. Als je goed kijkt, zie je dat de zon niet overal even snel draait. Naar het einde toe komen de zonnevlekken steeds meer onder elkaar te liggen.



1



2



3



4



5

Het bovenstaande fenomeen heeft alles te maken met de rotatietijd die de zon heeft op verschillende plaatsen op het zonoppervlak.



Laten we nog even verder gaan op wat dat zonoppervlak nu precies is. De zon kan *differentieel roteren*, dit wil zeggen dat op verschillende plaatsen op het zonoppervlak de zon een andere rotatietijd kan hebben.

Zoek waaruit het oppervlak van de **zon** bestaat:

De **aarde** daarentegen heeft een **vast oppervlak**.

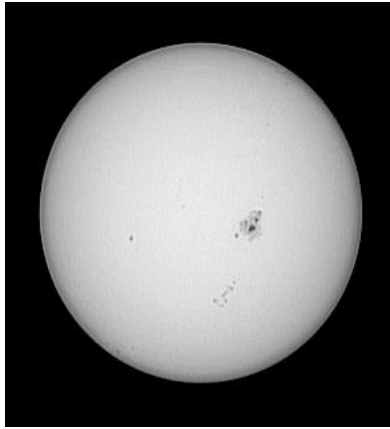
De materie waarvan de zon bestaat is niet vast. Daardoor is het mogelijk dat de snelheid anders is in verschillende plaatsen langs het zonoppervlak. Als gevolg is het mogelijk dat de zon voortdurend een ander oppervlak heeft. De aarde heeft een vaste massa en bijgevolg ook steeds hetzelfde oppervlak.

1.3 Een beetje achtergrond: samenstelling van de zon en zonnevlekken

De zon is een ster en misschien tot jullie verbazing heeft de zon geen gele, maar een witte kleur. Verder wordt de zon gevormd uit een samengeperste stof- en gaswolk. Het gaat hier niet om een klein beetje stof en gas, de massa van de zon bestaat namelijk uit 99,86% van de totale massa van ons zonnestelsel.

Voornamelijk bestaat de zon uit waterstof (70% van zijn massa) en helium (28% van zijn massa). In de kern van de zon wordt er waterstof omgezet naar helium door gebruik te maken van kernfusie. Daarom is er in de kern aanzienlijk meer helium aanwezig dan aan het oppervlak.





Als je met de juiste telescoop naar de zon kijkt dan zal je op bepaalde plaatsen plekken zien waar de zon niet wit kleurt, zoals we gewoon zijn, maar eerder zwart. Deze plekken noemen we **sunspots** of **zonnevlekken**. Deze zonnevlekken vertonen zich periodiek en zijn dus niet altijd evenveel aanwezig. Het is ook perfect mogelijk om gelijkaardige afbeeldingen te vinden waar de zon een oranje/gele kleur heeft. Ook hier hebben de zonnevlekken een zwarte kleur.

Bij de zonnevlekken is de temperatuur niet even warm als op de rest van de zon. De temperatuur op deze plaatsen is relatief koeler, zo'n **4000 graden Celsius**. Terwijl de oppervlakte temperatuur van de zon ongeveer **5500 graden Celsius** bedraagt.

Hoe meer zonnevlekken er op de zon aanwezig zijn, hoe actiever de zon is. Dit wil zeggen dat de zon meer energie afgeeft in de periodes met vele zonnevlekken dan in de periodes met weinig zonnevlekken.

2 De rotatietijd van de zon: kwantitatief

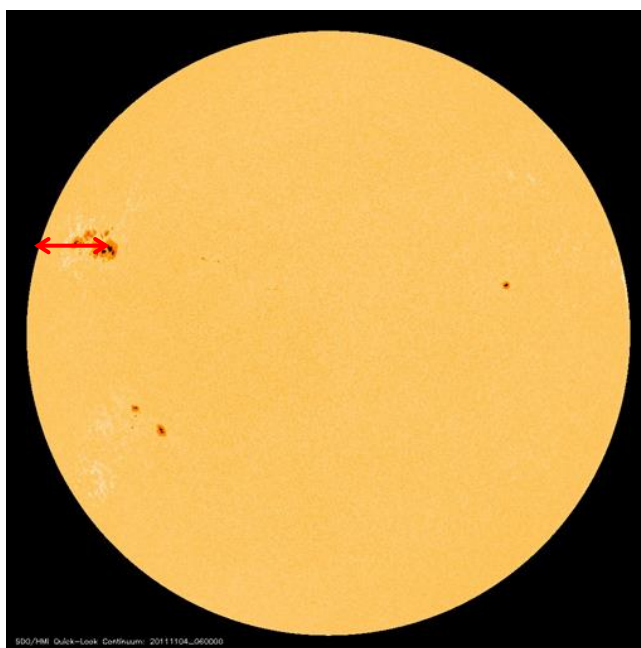
2.1 Eerste benadering



Aan de hand van de beweging van de zonnevlekken is het mogelijk om de rotatieperiode van de zon op een bepaalde breedtegraad te berekenen.

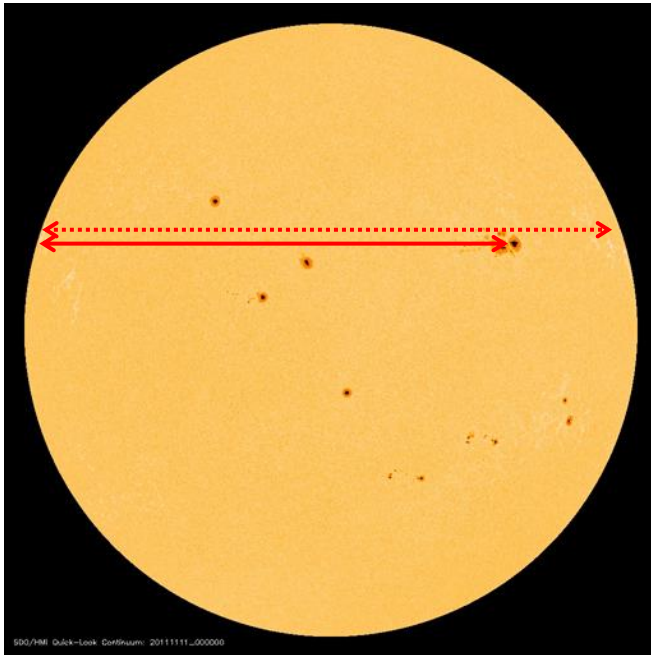
In de volgende afbeeldingen zie je een zonnevlek, op breedtegraad ongeveer 26° , in twee verschillende momenten: de foto's zijn opgenomen op hetzelfde uur maar de tweede foto werd **7 dagen na de eerste** genomen. We noemen deze zonnevlek **Jan**.

We veronderstellen dat **Jan** met een constante snelheid beweegt langs het zonoppervlak. Dat wil zeggen dat hij altijd dezelfde afstand in een bepaalde tijdsinterval aflegt.



Dag 1.

Meet de afstand tussen de linker grens van de zon en de zonnevlek **Jan** met een meetlat: $x_1 = \dots$ (cm)



Dag 8.

Meet de afstand tussen de linker grens van de zon en **Jan** met een meetlat:

$$x_2 = \dots \text{ (cm)}$$

Bereken nu de afgelegde afstand in 7 dagen door **Jan**:

$$x_2 - x_1 = \dots \text{ (cm)} = x_{7d}$$

Welke afstand legt **Jan** af in een dag?

$$\frac{x_{7d} \text{ (cm)}}{7d} = \dots \dots = \dots \dots \text{ (cm/d)} = v_{Jan}$$

Dit is de **constante snelheid** van **Jan** in cm/d.

Meet nu de afstand tussen de linker en de rechter grens van de zon:

$$x_{zon} = \dots \text{ (cm)}$$

Vermenigvuldig deze waarde maal 2:

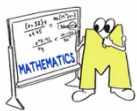
$$2 \times x_{zon} = \dots \text{ (cm)} = x_{tot}$$

Dit komt overeen met de totale afstand als **Jan** eenmaal een volledige cirkelbeweging heeft afgelegd.

Dus: in een volledige 'ronde' van de zon legt Jan de totale afstand x_{tot} af met de constante snelheid v_{Jan} .

Hoeveel tijd heeft **Jan** dan nodig om eenmaal een volledige cirkelbeweging af te leggen? (tip: denk terug aan de formule van de snelheid!)

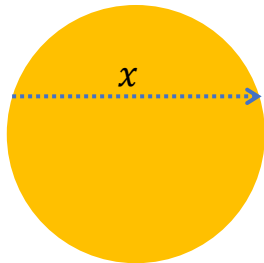
$$t_{tot} = \dots \dots \dots / \dots \dots \dots = \dots \dots \dots$$



Deze tijd t_{tot} noemt men ook wel de **rotatieperiode**: dat is de tijd nodig om eenmaal een volledige cirkelbeweging uit te voeren.

Als je nu terug kijkt naar de afbeelding van de rotatiebeweging van de zon, komt de waarde door jou berekend overeen met de werkelijke waarde op dezelfde breedtegraad?.....

2.2 Een fout in onze redenering?

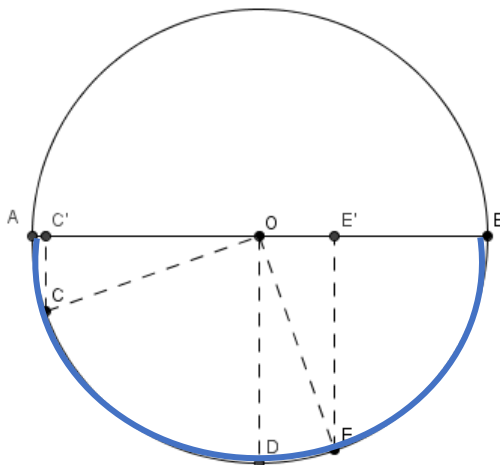


We gaan nu onderzoeken of en waar we een fout gemaakt hebben...

Vanuit de aarde zien we **Jan** op deze manier bewegen langs het zonoppervlak:

Het is alsof **Jan** op een vlak oppervlak beweegt. Maar is de zon vlak? Neen uiteraard! De zon is **bolvormig**.

De werkelijke afgelegde afstand is dus langer dan wat je in de vorige oefening berekend hebt! In 7 dagen legt **Jan** een langere afstand af dan cm. Jouw berekening was een *benadering* van de echte afgelegde afstand.



We gaan de berekening nu verbeteren, door ook in rekening te houden dat de zon niet vlak is, maar **bolvormig**: **Jan** beweegt dus langs een krom oppervlak. Kijk naar de tekening hiernaast: dat stelt de zon voor van bovenaf gezien. Punt O staat voor de Noordpool van de zon.

Jan beweegt langs de dikke **blauwe lijn** (langs het kromme oppervlak van de zon). De punten A, C, D, E, B stellen verschillende posities voor van **Jan** tijdens zijn "reis".

Als we vanuit de aarde naar **Jan** kijken, zien we hem echter langs de (**zwaarte**)

middellijn bewegen: de punten C', O en E' stellen enkele posities voor van **Jan** zoals we deze vanuit de aarde waarnemen.



Kijk b.v. naar de eerste stap: **Jan** gaat **van A naar C**, b.v. in **een dag**. Welke afstand heeft **Jan** afgelegd in een dag? Beschrijf kort:

Maar welke afstand neem je waar als je vanuit de aarde naar **Jan** kijkt?

.....

Is deze afstand korter of langer dan AC?

Vanuit de aarde lijkt het dus dat **Jan** een afstand in **een dag** afgelegd heeft dan de werkelijke afstand! Je ziet dus **Jan sneller / trager** bewegen dan in de werkelijkheid als hij **aan de rand** van de zonoppervlak is.

De afstand AC' die je waarneemt wordt de **projectie** van de boog op het lijnstuk AB benoemd.

Kijk nu b.v. naar de stap waar **Jan** van punt D naar punt E gaat, dicht bij het centrum van het zonoppervlak. Stel voor dat **Jan een dag** nodig heeft om de afstand DE af te leggen. Welke afstand heeft **Jan** afgelegd in een dag? Beschrijf kort:

Maar welke afstand neem je waar als je vanuit de aarde naar **Jan** kijkt?

De afstand die je waarneemt is niet gelijk aan de werkelijke afstand. In dit geval is de waargenomen afstand ongeveer gelijk aan de werkelijke afstand

Hoewel **Jan** langs het kromme oppervlak van de zon met constante snelheid beweegt, neemt je een **veranderende snelheid** waar!

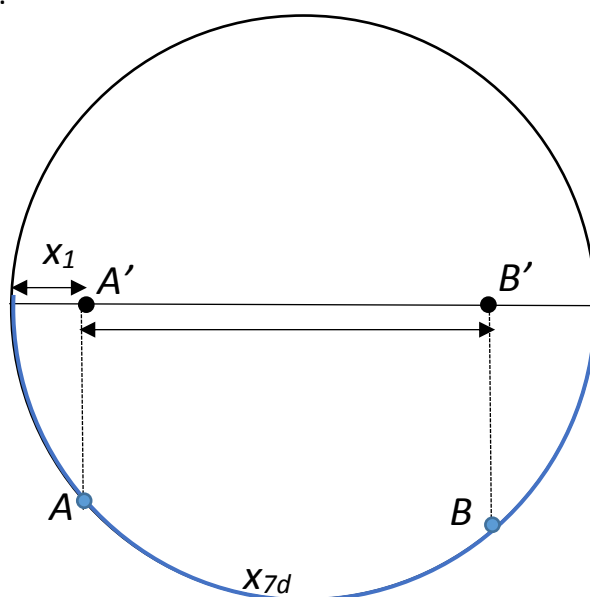
Besluit: Een zonnevlek beweegt met **constante snelheid langs het kromme oppervlak van de zon**; niettemin is de beweging die we **waarnemen** (vanuit de aarde) langs een vlak oppervlak (*projectie*) er een met een **veranderende snelheid**. In de vorige oefening had je verondersteld dat de *projectie* van **Jan** een constante snelheid heeft: m.a.w. dat **Jan** langs een vlak oppervlak met constante snelheid (= cm/d) beweegt. Dat was een **foute hypothese**.

2.3 Tweede benadering

Maar hoe kunnen wij dus de rotatietijd van de zon nauwkeuriger bepalen?

We kunnen een methode bedenken om de rotatietijd van de zon te bepalen waarbij we toch rekening houden met het kromme oppervlak van de zon:

- Gebruik de tekening hieronder: dat stelt de zon voor als van bovenaf gezien. De zonnevlek **Jan** beweegt langs de dikke **blauwe lijn** en de twee puntjes A en B geven de echte positie aan van Jan in het begin en na 7 dagen. Als we vanuit de aarde naar **Jan** kijken, zien we hem echter langs de (**zwarte**) **middellijn** bewegen. De twee posities die waarnemen worden aangegeven door de twee zwarte puntjes A' en B'.
- Herhaal de oefening gedaan met Jan, maar meet deze keer de echte afgelegde afstand langs het kromme oppervlak, dat overeenkomt met x_{7d} . Je kan ervoor een touwtje gebruiken.
- Let op dat de totale afstand afgelegd door Jan, x_{tot} , ook verandert: dit wordt nu de omtrek van de cirkel in de figuur hiernaast (je kan dit berekenen, of meten met het touwtje).



$$x_{7d} = \dots\dots\dots$$

$$\frac{x_{7d} (cm)}{7d} = \dots\dots \dots = \dots\dots\dots (cm/d) = \mathbf{v_{Jan}}$$

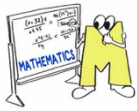
$$x_{tot} = \dots\dots\dots$$

Dus, hoeveel tijd heeft **Jan** nodig om eenmaal een volledige cirkelbeweging te maken?

$$t_{tot} = \dots\dots\dots / \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

Vergelijk het resultaat met deze van de vorige oefening, waar je de afstanden op een vlak oppervlak berekend had. Vergelijk het resultaat ook met de rotatieperiode gegeven in de afbeelding van de rotatiebeweging van de zon. Heb je nu de omlooptijd beter kunnen bepalen?

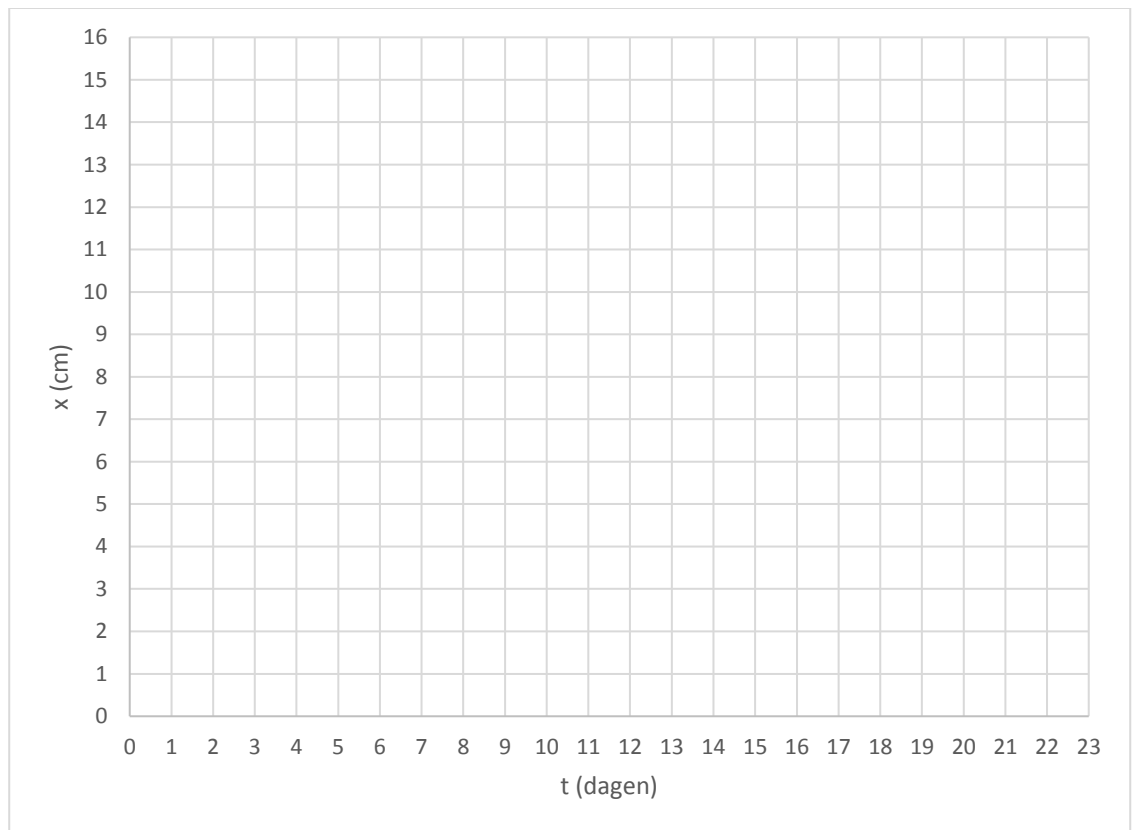
3 Uitbreiding: de rotatietijd van de zon berekenen met “Tracker”



We blijven nog even werken **ALSOF de zon vlak was**. We weten dat de snelheid van Jan altijd dezelfde is (constant). We maken een grafiek van de waargenomen afgelegde afstand x als functie van de tijd t op basis van de resultaten van de vorige oefening. Schrijf eerst de resultaten in de tabel hieronder:

t (dagen)	x (cm)

Maak nu een grafiek:



Welk soort grafiek (functie) verschijnt er?

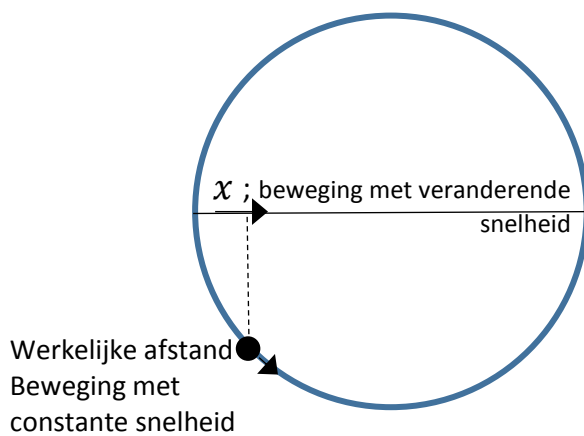
.....

Dat is de grafiek die we verwachten voor een beweging met **constante snelheid** als **Jan** op een **vlak oppervlak** beweegt: dezelfde afstand wordt afgelegd in dezelfde tijd. Je hebt deze snelheid al berekend in cm/d (zie bovenaan).

Maar zoals bovenaan vermeld is de zon **bolvormig**: **Jan** beweegt langs een krom oppervlak. Dus beschrijft deze grafiek de beweging van een zonnevlek niet perfect, het is een eerste benadering.

We gaan nu kijken hoe de grafiek van x als functie van de tijd t van een zonnevlek echter eruit ziet.

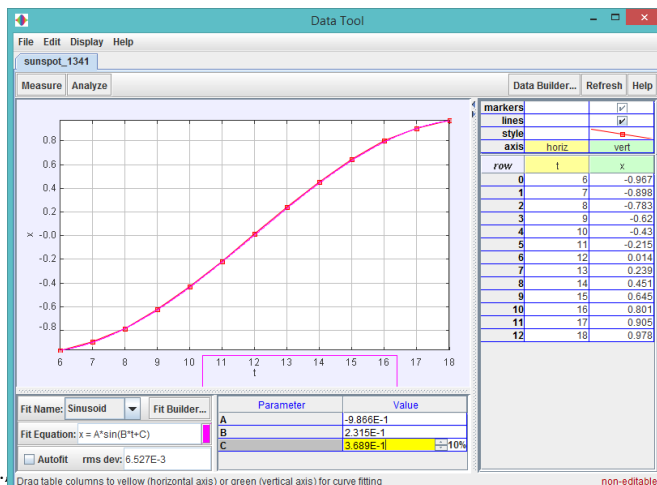
LET OP: x is dus niet meer de werkelijke "afgelegde afstand" (deze gaat echter langs het kromme oppervlak). x staat voor de **afstand** afgelegd door de **projectie** van de zonnevlek, m.a.w. de afstand die we **waarnemen**:



Je hebt bovenaan vastgelegd dat de snelheid van **Jan**, die je waarneemt, niet constant is: **dichter bij de randen zie je Jan trager bewegen dan als hij dichter bij het centrum** van het zonoppervlak is. De snelheid verandering is verbonden met de **vorm** van het zonoppervlak.

Kijk nu naar de volgende afbeelding: het is een grafiek van x (afstand afgelegd door de **projectie** van de zonnevlek, ook de afstand die we waarnemen) als functie van de tijd t (in dagen) voor een zonnevlek op breedtegraad 26° van de evenaar van de zon. De data zijn gebaseerd op foto's genomen door de **NASA satelliet SDO** (*Solar Dynamics Observatory*).

Weet jij hoe dit soort grafiek noemt? Vraag hulp aan je leerkracht indien nodig.

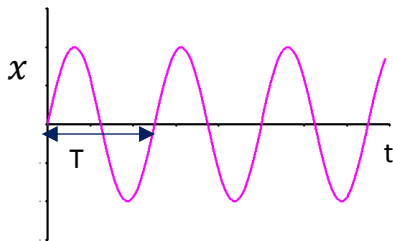


De grafiek van x (afstand die we waarnemen) als functie van de tijd t (in dagen) is dus geen rechte!

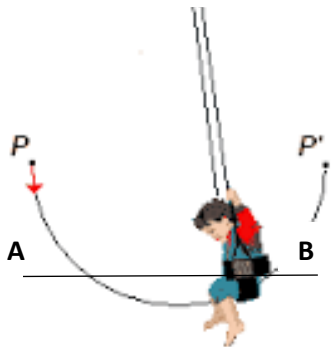
Aan wat doet deze vorm denken, waar lijkt het op? (denk aan de vorm van de zon)

Intuïtief gezien, is het logisch dat de afstand door de projectie van de zonnevlek afgelegd (afstand die we waarnemen) een **kromme** functie van de tijd is, omdat de verandering van de snelheid van de vorm van de zonoppervlak afhangt.

Dit soort beweging, waar de snelheid verandert zodat de grafiek van de afstand als functie van de tijd een **sinusoïde** is, noemen we **harmonische trilling** (oscillatie).



Een **sinusoïde** is een functie die de vorm van een **golflijn** heeft. De waarde van x komt terug naar dezelfde initiële waarde na een bepaalde **periode T**.

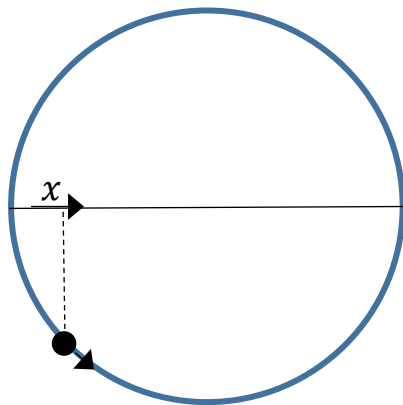


Een **voorbeeld** van harmonische trilling is een **schommel**:

Ook in dit geval verandert de snelheid met een periode en de beweging kan bestudeerd worden met de projectie van de schommel op het lijnstuk AB.

De **periode T** van de beweging komt overeen met de tijd die nodig is om van A naar B en terug naar A te gaan.

In het geval van de zonnevlekken waarmee komt **T** overeen?



Wat is de definitie van periode?

.....

Wat betekent dat voor de zonnevlek?

.....

T is dus de van de zon op een bepaalde breedtegraad (van de zonnevlek).

De rotatieperiode van de zon berekenen met "Tracker"

De **rotatieperiode** van de zon berekenen is niet zo eenvoudig zoals eerst verondersteld. Dat komt door het feit dat we de beweging van de zonnevlekken **anders waarnemen** dan wat het werkelijk is.

Met behulp van de **harmonische trilling** is toch mogelijk de **rotatieperiode** van de zon te berekenen **op verschillende breedtegraden**, op basis van de beweging van een zonnevlek die zich op dat breedtegraad bevindt.

Je kan het zelf ook doen door de software “Tracker” te gebruiken.

Je kan deze software hier gratis downloaden:

<http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=7365>


Daarnaast vind je hier het nodige materiaal om de rotatieperiode van de zon te berekenen:

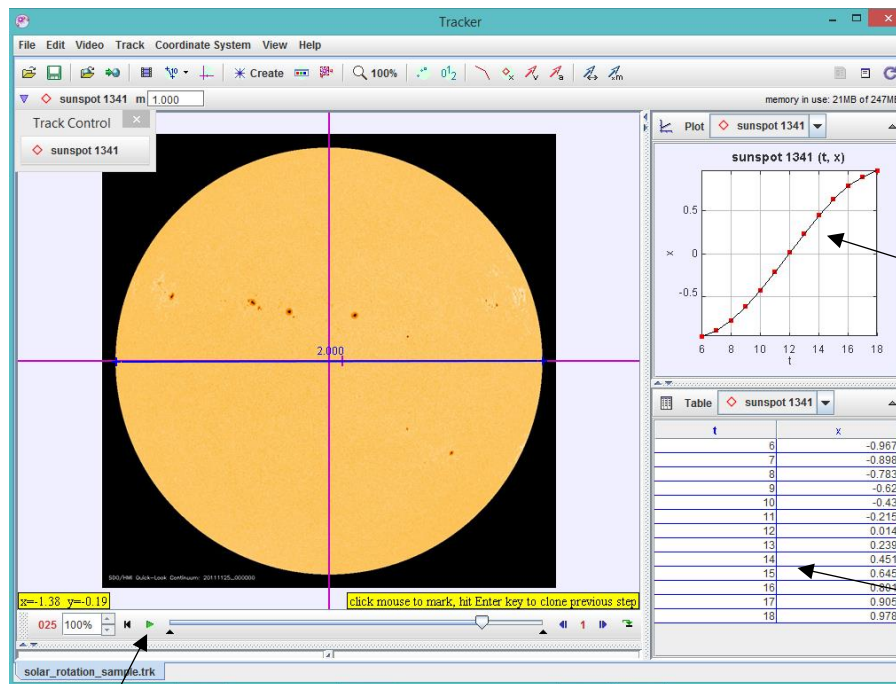
<http://www.opensourcephysics.org/document/ServeFile.cfm?ID=11617&DocID=2517>

Hierin zijn er 31 foto’s van de zon door de **NASA satelliet SDO elke dag op dezelfde uur genomen**. Om te beginnen, open de file “solar_rotation_sample”: dubbelklik daarvoor op het icoontje.



solar_rotation_sample.trk

De kadertjes op het zonoppervlak stellen het traject van zonnevlek 1341 voor tijdens de 31 dagen. Als je nu op de groene knop  klikt kan je de zon zien draaien.



Grafiek van de waargenomen afstand (x) door 1341 afgelegd als functie van de tijd (dagen)

Tabel met de data:
x = waargenomen afstand
t = tijd (dagen)

groene knop (play)

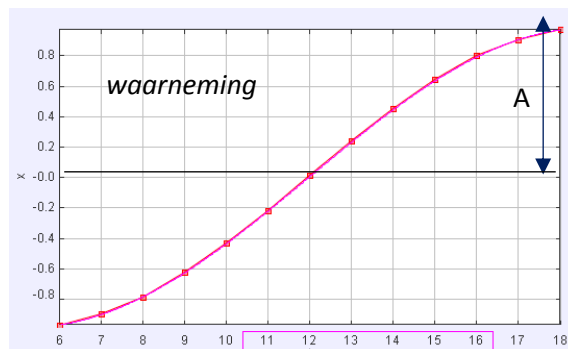
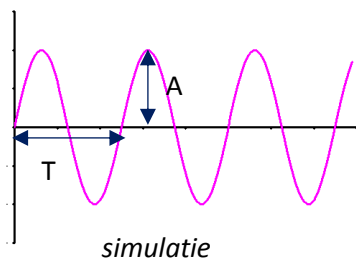
1. Je kan de **draaisnelheid van de simulatie** veranderen: Klik daarvoor met de rechtermuisknop op de video en selecteer “Clip Settings”. Zet “Frame dt” (duur) als 1 s. LET OP: de werkelijke duur tussen afbeeldingen is echter 1 dag.

2. Aan de rechterkant van de afbeelding van de zon zie je een grafiek die eruit ziet als de *sinusoïde* bovenaan getoond: deze grafiek is gebaseerd op de data in de tabel onderaan. x stelt de afstand voor die we waarnemen (projectie van de zonnevlek). De tijd is in dagen. Deze grafiek noemen we “*waarneming*” voor deze oefening.

3. Klik nu met de rechtermuisknop op de tabel en kies “Analyse”: een grafiek verschijnt met de *waarneming*. Klik nu bovenaan de grafiek op “Analyse” en dan selecteer “Curve fits”. Als eerste zie je een rechte verschijnen: de software probeert om de data te reproduceren met een rechte, precies zoals we aan het begin hebben gedaan! Was dat correct? Welke functie moeten we gebruiken?

4. Klik dus op “Fit name” en kies “Sinusoid” (in plaats van “Line”). Een functie verschijnt die de vorm van een sinusoïde heeft: we noemen deze grafiek “*simulatie*” voor deze oefening. De software “tracker” kan de **rotatieperiode T** van de zon zelf berekenen als je de juiste functie vindt die de data correct reproduceert. Om dit te doen moet je de 3 *parameters* A, B, C veranderen in het venster onderaan de grafiek.

- Begin met **A** te vergroten: dit is de **amplitude** van de “golven” van de sinusoïde, m.a.w. geeft aan *hoe hoog* de *golven* zijn. Vergroot A tot dat de grootte van de golven van de *simulatie* overeenkomt met de grootte van de golven van de *waarneming* in de grafiek.



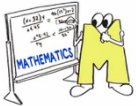
- Verklein nu **B**: deze parameter is **verbonden met de periode T**. Als je het **verkleint** zie je de **breedte** van de golven van de *simulatie* **groter** worden. Verklein B totdat de vorm van de *simulatie* ongeveer overeenkomt met de vorm van de *waarneming*.
- Ten laatste verander de waarde van **C**: op deze manier kan je de *simulatie* doen verplaatsen in beide richtingen langs de horizontale as totdat het bovenop de grafiek van de *waarneming* geplaatst wordt.
- Je kan A, B, C een na de andere variëren tot dat je een goed resultaat verkrijgt (m.a.w. totdat de grafiek van de *simulatie* met de grafiek van de *waarneming* overeenkomt).
- Nu kan je uiteindelijk de **rotatieperiode T** van de **zon** berekenen op de **breedtegraad** van de zonnevlek 1341. Om dit te doen moet je de waarde van de **parameter B** gebruiken: deze is immers met de periode T verbonden zoals bovenaan vermeld. Als B kleiner wordt, wordt de breedte van de golven van de *simulatie* groter. In de afbeelding van de

simulatie bovenaan zie je dat de **rotatieperiode T met de breedte** van de golven **overeenkomt**.

Dus: als **B kleiner** wordt, wordt de **breedte** van de golven van de *simulatie* en dus wordt de **rotatieperiode T**

De **rotatieperiode T** vind je met behulp van de volgende formule:

$$T = \frac{2\pi}{B}$$



Je kan gemakkelijk de relatie tussen T en B verifiëren door verschillende waarden aan B te geven en T te berekenen:

B	T

De aanwezigheid van de factor 2π heeft te maken met de vorm van de functie die om zijn beurt verbonden is met de vorm van de zon.

Noteer hieronder de waarde van de rotatieperiode **T** die je verkregen hebt met jouw analyse van de data van zonnevlek 1341:

T (dagen) = =

Komt deze waarde overeen met de waarde op dezelfde breedtegraad in de tekening van de rotatiebeweging van de zon?

.....

Als je wil, kan je dezelfde oefening doen met andere zonnevlekken. Volg hiervoor de handleidingen inbegrepen in het gedownload materiaal om de rotatieperiode van de zon te berekenen. Je kan ook nog andere afbeeldingen downloaden om verder te kunnen onderzoeken.

Vergelijk de verkregen rotatieperiode met verschillende zonnevlekken op verschillende breedtegraden: is de rotatieperiode altijd dezelfde? Komen de berekende waarden overeen met de waarden in de literatuur? (vergelijk je waarden met die van de tekening van de rotatiebeweging van de zon).

.....

.....