



Eigenschappen van sterren

Deze les gaat over eigenschappen van sterren

DynaLearn niveau 2 | Versie 1.0

Samenvatting	
Wanneer je in de nacht naar de hemel kijkt, kun je zien dat niet alle sterren identiek zijn. Sommige hebben een blauwe kleur, andere zijn juist wat roder. In deze les ga je onderzoeken hoe en waarom sterren van elkaar verschillen.	
Voornaam	
Achternaam:	
Klas:	
Datum:	
Opmerkingen door docent:	



Introductie

Wanneer je in de nacht naar de hemel kijkt, kun je zien dat niet alle sterren identiek zijn. Sommige hebben een blauwe kleur, andere zijn juist wat roder. Bovendien is de een helder, terwijl de ander nauwelijks zichtbaar is. Dit komt deels doordat de sterren op verschillende afstanden staan, maar voornamelijk doordat er grote variatie tussen het uiterlijk van de sterren zelf is. In deze les ga je aan de hand van een model onderzoeken hoe en waarom sterren van elkaar verschillen.

Je gebruikt de software DynaLearn om het model te maken. Hierin representeer je de belangrijkste onderdelen van een ster, zoals de kern en het oppervlak. Elk onderdeel heeft een aantal grootheden die verwijzen naar meetbare eigenschappen, zoals massa, straal, temperatuur. Tabel 1 geeft een overzicht van de onderdelen (entiteiten) en bijbehorende grootheden in het model. Beneden worden de eigenschappen beschreven.

Tabel 1. Eigenschappen van sterren.

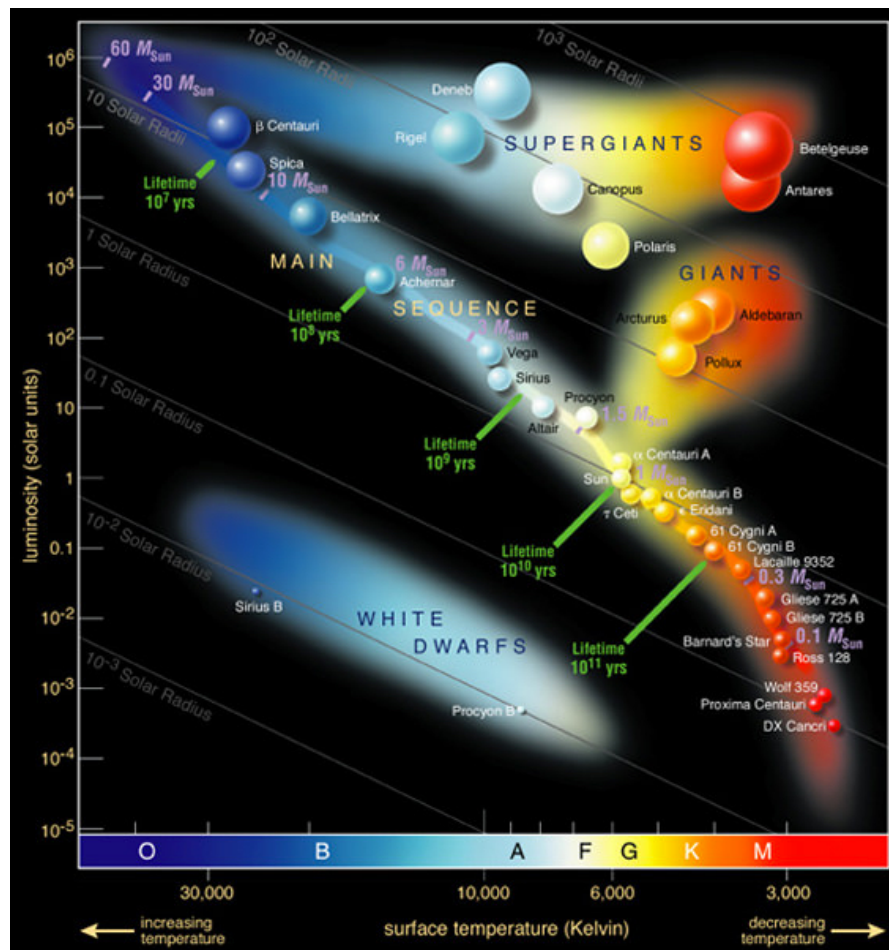
Entiteit	Grootheid	Eenheid
Ster	Massa	M_{zon} (massa van de zon; voor de zon geldt dus massa = $1M_{\text{zon}}$)
	Zwaartekracht	Newton
	Gasdruk	Pascal
	Levensduur	Jaren
Kern	Straal	R_{zon} (straal van de zon)
	Druk	Pascal
	Temperatuur	Kelvin
	Fusie-energie	J/s
Oppervlak	Lichtsterkte	L_{zon} (lichtsterkte van de zon)
	Golflengte	Meter
	Temperatuur	Kelvin

Grootheden die verwijzen naar eigenschappen van de **ster** in zijn geheel, zijn de totale **massa** en de **straal**. Een andere eigenschap is de **zwaartekracht**, die het gas in de ster bij elkaar houdt en richting het centrum van de ster 'trekt'. De grootheid **gasdruk** verwijst naar de uitwaartse druk, die de zwaartekracht tegenwerkt. Dit zorgt uiteindelijk voor evenwicht in het systeem. Zonder de gasdruk zou de ster in elkaar storten onder invloed van de eigen zwaartekracht. De laatste grootheid is de **levensduur**. Deze geeft aan hoe lang de ster doorbrengt op de zogeheten hoofdreeks, een fase waarin de ster waterstof omzet in helium. Je kunt deze fase zien als de 'volwassen' levensfase van een ster: het brengt hier verreweg het grootste deel van zijn leven door en verandert al die tijd maar weinig. Dit in tegenstelling tot de fase ervoor, de vorming, en fase erna, wanneer de ster elementen zwaarder dan waterstof gaat verbranden, waarbij de ster evolueert en uiteindelijk sterft. Hierbij maakt de ster relatief snelle, grote veranderingen door. *In deze les kijken we alleen naar sterren op de hoofdreeks.*

De **kern** is het extreem hete en compacte gebied in het centrum van de ster. Hier vindt kernfusie plaats. Dit is de 'motor' van de ster, het deel dat energie opwekt. De grootheid **fusie-energie** is een maat van de totale hoeveelheid energie die de kern per tijdseenheid opwekt door kernfusie. Tijdens de vorming van de ster zorgt toenemende massa voor toenemende zwaartekracht. Hierdoor nemen de **druk** en de **temperatuur** in de kern toe. Zodra deze temperatuur hoog genoeg is, begint de kernfusie en fuseert waterstof tot helium. De fusie-energie in de kern heeft een positief effect op de **gasdruk** in de ster. Hoe groter de fusie-energie, hoe korter de **levensduur** van de ster.

Het **oppervlak** is de buitenkant ofwel het 'uiterlijk' van de ster. Hier verlaat de in de kern opgewekte energie de ster, in de vorm van straling. De grootheid **lichtsterkte** geeft aan hoeveel

energie het oppervlak per tijdseenheid uitstraalt naar de ruimte. De grootte **golflengte** verwijst naar de golflengte waarop het meeste licht wordt uitgestraald. Tenslotte, de **temperatuur** van het oppervlak. Aangezien de buitenkant van de ster op grote afstand van de kern ligt, zal deze een stuk lager zijn dan de temperatuur van de kern.



Figuur 1. Verschillende soorten sterren.

Aan de slag

Op volgende bladzijde neemt deze lesbrief je mee bij het stap-voor-stap maken van het model. De lesbrief geeft naast *wat* er gemaakt moet worden ook informatie over *hoe* het gemaakt kan worden.



1. DynaLearn starten

Er zijn meerdere manieren om in te loggen. Gebruik één van de twee onderstaande opties. Controleer daarna of het inloggen is gelukt (zie 'controleren!').

Via een code:

1. **Ga** naar DynaLearn (<https://create.dynalearn.nl/>).
2. **Klik** op 'inloggen met code', links onderin.
3. **Vul** de projectcode en je (school)email adres in.
4. **Kopieer** de code uit de bevestigingsmail van de afzender dynalearn.nl (zie eventueel spam folder) en **vul** de overige gegevens in.
5. **Log in** op DynaLearn.

Via een uitnodiging:

1. **Kopieer** de inlogcode uit de uitnodigingsmail van de afzender dynalearn.nl.
2. **Ga** naar DynaLearn (<https://create.dynalearn.nl/>).
3. **Log in** op DynaLearn.

Controleren!

Na inloggen kom je automatisch in de werkruimte van de opdracht. Je herkent het aan het grijze vraagteken aan de rechterkant in het scherm . Ontbreekt het vraagteken? Doe dan eerst:

- **Klik** in DynaLearn op . **Klik** op 'Kies richtmodel'.
- **Kies** 'Stereigenschappen' en **druk** op 'Laden'.

Model opslaan en beginnen:

1. **Klik** op  linksboven. Verander de naam in 'Stereigenschappen' en **klik** op 'Opslaan'.

Hoe ga je verder aan de slag? **Volg** de stappen in dit werkboek. Let op! Je kan geen stappen overslaan. Vraag om hulp als je er bij een bepaalde stap niet uitkomt. De video-functie  in DynaLearn laat zien hoe een modelingrediënt gemaakt kan worden. In de **kaders** staat steeds een korte uitleg over het modelingrediënt. Zet een vinkje ✓ door het nummer van een stap die je hebt uitgevoerd. Zo hou je bij waar je bent gebleven.



2. Entiteit sterren met twee grootheden

Je gaat eerst een klein model maken met de entiteit sterren en daaraan verbonden de eigenschappen massa en zwaartekracht. Zulke eigenschappen noemen we grootheden.

- a. Lees Kader 1 over modelonderdelen.

Kader 1. Entiteit en grootheid.

Een entiteit  is meestal een fysiek ding in een systeem (bijv. auto, mens).

Een grootheid  is een meetbare eigenschap van een entiteit (bijv. temperatuur, lengte).

- b. Maak een **entiteit** met de naam 'Sterren' (zie  → ).
- c. De entiteit 'Sterren' heeft meerdere **grootheden** (zie Tabel 1). Voeg de grootheden 'Massa' en 'Zwaartekracht' toe aan de entiteit 'Sterren' (zie  → ).
- d. Lees Kader 2.

Kader 2. Verandering van een grootheid.

Een grootheid  kan veranderen. Dit wordt aangegeven met . Het pijltje omlaag () is een afname, de nul () is constant en de het pijltje omhoog () is een toename.

- e. Lees Kader 3.

Kader 3. Hulpfunctie

Als het vraagteken  of een ingrediënt in je model  rood is, dan is er iets niet in orde. Klik op het vraagteken  voor een hint. Klik vervolgens op een nummer, bijvoorbeeld  om te zien waar de fout in je model zit.

- f. Lees Kader 4.

Kader 4. Een verband

In DynaLearn worden **positieve** en **negatieve** verbanden tussen grootheden aangegeven met een  en een . Bij een **positief** verband veranderen de grootheden **dezelfde kant** op bij een **negatief** verband veranderen de grootheden **tegengesteld**.

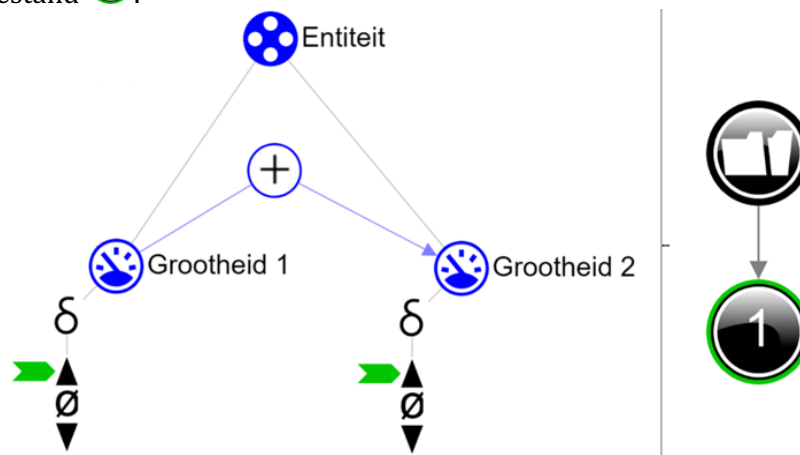
- g. Maak nu het **oorzaak-gevolg** verband ( of ) tussen deze twee grootheden 'Massa' en 'Zwaartekracht' van de entiteit 'Sterren' (zie  → ).
- h. Is je scherm inhoud een beetje rommelig? Klik op  om alles netjes uit te lijnen. Klik op  om je model passend te maken op je scherm. Gebruik deze knoppen **regelmatig**.

- i. Je kunt nu een simulatie gaan draaien. Daarvoor moet je eerst een **beginwaarde aangeven**. Je start door te kijken naar sterren met grotere massa
 - o **Klik** bij 'Massa' van de entiteit 'Sterren' op ▲ en kies ➡. Dat ziet er dan uit als

 (zie eventueel ▶ → ▶).
 - o **Simuleer** je model door op  te klikken (zie eventueel ▶ → ▶).
- j. **Lees** Kader 5.

Kader 5. De uitkomst van een simulatie aflezen.

Na het starten van een simulatie (met ) verschijnt aan de rechterkant een venster waarin de mogelijke toestanden van het systeem worden aangegeven. Er is in dit voorbeeld één mogelijke toestand .



Je kunt de toestand aanklikken om de uitkomst te bekijken. De toestand krijgt dan een groene rand. In het model worden de verandering voor deze toestand aangegeven met een groene pijl ➡. In het model valt af te lezen dat in toestand  Grootheid 1 toeneemt en dat daardoor Grootheid 2 ook toeneemt.

- k. **Varieer** de instelling voor de 'Massa' (zet ➡ nu achtereenvolgens op, ∅ en op ▼) en simuleer je model telkens door op  te klikken.
- l. **Geef** de gevonden resultaten weer in Tabel 2.

Tabel 2. Ga uit van een groep sterren en vergelijk de onderlinge Massa en Zwaartekracht van deze sterren (verwijder fouten of streep door).

Als de Massa van de sterren...	... dan zal de Zwaartekracht ...
Afneemt	Afnemen / gelijk blijven / toenemen
Gelijk blijft	Afnemen / gelijk blijven / toenemen
Toeneemt	Afnemen / gelijk blijven / toenemen



m. Lees Kader 6.

Kader 6. Hulpfunctie

Als het uitroepteken  verschijnt dan is er iets niet in orde tijdens de simulatie. Klik op het uitroepteken  voor een hint. Klik vervolgens op een nummer, bijvoorbeeld  om te zien waar de fout in je simulatie zit.

Ga verder op de volgende bladzijde.



3. Eigenschappen van de kern

Sterren hebben een binnenkant, de kern, en een buitenkant, het oppervlak. De kern is het actieve centrum van de ster waar kernfusie plaatsvindt. Je gaat nu eigenschappen van de kern toevoegen aan je model.

- Maak** een nieuwe **entiteit** met de naam 'Kern'.
- Klik** op de entiteit 'Sterren' en **selecteer** de optie **configuratie** om een structuurverband te maken tussen de 'Sterren' en de 'Kern' (zie  → ). Geef de configuratie de naam 'hebben'.
- Voeg** drie **grootheden** toe aan de entiteit 'Kern', namelijk: 'Druk', 'Temperatuur' en 'Fusie-energie' (Tabel 1).
- Hoe ontstaat kernfusie? **Maak** de **oorzaak-gevolg** verbanden ( of ) tussen de nieuwe grootheden om dit aan te geven. Let op de richting van de verbanden... **Maak** ook een verband met één van de grootheden van de 'Sterren'.
- Je gaat nu je model weer **simuleren**. Hiervoor moet je een **beginsituatie** aangeven.
 - Begin met toenemende 'Massa'. **Klik** 'bij 'Massa' op  en kies .
 - Simuleer** je model door op  te klikken daarna op .
 - (Let op: Verschijnt er een uitroepteken in je scherm, lees dan Kader 6).
 - Varieer** de instelling voor de 'Massa' (zet  achtereenvolgens op $\emptyset$ en op ) en simuleer je model telkens door op  te klikken.
 - Geef** de resultaten weer in Tabel 3.

Tabel 3. Ga uit van een groep sterren en vergelijk de hun onderlinge Massa met de Druk, Temperatuur en Fusie-energie in hun kernen (*verwijder fouten of streep door*).

Als de massa van sterren...	... dan zal de druk en de temperatuur in de kern...	... en de fusie-energie in de kern...
Afneemt	<i>Afnemen / gelijk blijven / toenemen</i>	<i>Afnemen / gelijk blijven / toenemen</i>
Gelijk blijft	<i>Afnemen / gelijk blijven / toenemen</i>	<i>Afnemen / gelijk blijven / toenemen</i>
Toeneemt	<i>Afnemen / gelijk blijven / toenemen</i>	<i>Afnemen / gelijk blijven / toenemen</i>

4. Eigenschappen van het oppervlak

Je gaat nu eigenschappen van het oppervlak toevoegen aan je model.

- Maak** een nieuwe **entiteit** met de naam 'Oppervlak'.
- Klik** op de entiteit 'Sterren' en **selecteer** de optie **configuratie** om een structuurverband te maken tussen de 'Sterren' en het 'Oppervlak': *Sterren hebben een oppervlak*.
- Oppervlak krijgt in het model drie **grootheden** (Tabel 1). **Voeg** deze grootheden toe aan 'Oppervlak'.
- Maak** nu de **oorzaak-gevolg** verbanden ($\oplus$ of $\ominus$) tussen deze nieuwe grootheden. **Maak** ook één verband met de reeds eerder gemaakte grootheden. *Tip: let op de eigenschappen van de kern...*
- Je gaat nu je model weer **simuleren**. Hiervoor moet je een **beginsituatie** aangeven.
 - Begin met toenemende 'Massa'. **Klik** 'bij 'Massa' op $\blacktriangle$ en kies $\blacktriangleright$.
 - Simuleer** je model door op  te klikken daarna op .
 - Varieer** de instelling voor de 'Massa' (zet $\blacktriangleright$ achtereenvolgens op $\emptyset$ en op $\blacktriangledown$) en simuleer je model telkens door op  te klikken.
 - Geef** de resultaten weer in Tabel 4.

Tabel 4. Ga uit van een groep sterren en vergelijk de onderlinge Massa, Golflengte en Lichtsterkte van deze Sterren (*verwijder fouten of streep door*).

Als de massa van sterren...	... dan zal de golflengte ...	... en de lichtsterkte ...
Afneemt	Afnemen / gelijk blijven / toenemen	Afnemen / gelijk blijven / toenemen
Gelijk blijft	Afnemen / gelijk blijven / toenemen	Afnemen / gelijk blijven / toenemen
Toeneemt	Afnemen / gelijk blijven / toenemen	Afnemen / gelijk blijven / toenemen



5. Wat weten we nog meer?

Er zijn drie eigenschappen (grootheden) in Tabel 1 die nog niet in het model staan. Aan jou de uitdaging deze grootheden te vinden en toe te voegen aan je model!

- a. Lees Kader 7.

Kader 7. Voortgangsbalk

Onder in het scherm staat de *voortgangsbalk* (zie voorbeeld hieronder).

Bij entiteit staat:  4/4/0, dit betekent: 4 gemaakt, 4 nodig, 0 fout. Bij grootheid staat:  5/17/1: dit betekent: 5 gemaakt, 17 nodig, 1 fout. Als alle cijfers groen zijn, is dat type afgehandeld.

 4/4/0  3/3/0  5/17/1  0/26/0 # 12/24

- b. Zoek de drie ontbrekende **grootheden** (Tabel 1) en voeg deze toe aan je model. Gebruik van de hulpfunctie (Kader 3) en de voortgangsbalk (Kader 7).
- c. Er zijn *drie* oorzaak-gevolg verbanden nodig om de nieuwe grootheden te verbinden met de rest van het model. Maak deze **oorzaak-gevolg** verbanden.
- d. Je gaat nu het volledige model **simuleren**.
- Begin met toenemende 'Massa'.
 - Simuleer je model en varieer vervolgens de instelling voor de 'Massa'.
 - Geef de resultaten weer in Tabel 5.

Tabel 5. Ga uit van een groep sterren en vergelijk de onderlinge sterreneigenschappen: Als Massa ..., dan ... (verwijder fouten of omcirkel goed).

Massa	Straal	Fusie-energie	Levensduur	Golflengte	Lichtsterkte
▲	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼
∅	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼
▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼	▲ / ∅ / ▼