

WOLKEN IN DE RUIJMT

2de & 3de graad secundair onderwijs
Lerarenbundel



**Onderzoek hoe wolken zich
vormen op planeten in ons
zonnestelsel en daarbuiten**

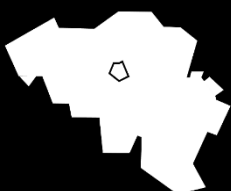
- Hoe ontstaan wolken op aarde? ●●●●●●
- Waar komen wolken voor en waarom? ●●●●
- Kun je wolken nabootsen in de klas? ●●●●

OVER ESERO BELGIUM

ESERO is een scholenprogramma van de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA. Het doel van dit programma is leraren van basisonderwijs en middelbaar onderwijs helpen om het populaire thema ruimtevaart in de klas te brengen, binnen hun lesopdracht. Dit doen we op drie manieren: **lesmateriaal** (online), **lerarenvormingen**, en **STEM projecten voor scholen**. Het aanbod is volledig gratis voor leraren in beroep en leraren in opleiding, en is afgestemd op de eindtermen in het onderwijs. Hedendaagse en inspirerende ruimtevaartmissies vormen de context diverse schoolvakken.

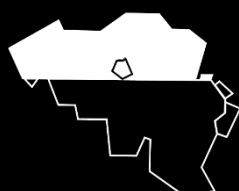
WWW.ESERO.BE

Nationale coördinator



KU LEUVEN

Vlaamse coördinator



 **UGENT VOLKSSTERRENWACHT
ARMAND PIEN**

Frans- en Duitstalige coördinator



ULB
La Scientothèque

ESA Education beheert en coördineert alle ESERO's in Europa. Elke ESERO bestaat dankzij een cofinanciering van ESA en nationale partners. Het federaal wetenschapsbeleid (BELSPO) is de cofinancierende partner voor ESERO Belgium.



Wolken in de ruimte

Onderzoek hoe wolken zich vormen op planeten in ons zonnestelsel en daarbuiten

Lerarenbundel

Kenmerken cursus

Doelgroep 15-18 jaar

Type Onderzoekend leren (experimenten in de klas door studenten geleid)

Lestijd 2 x 50 minuten

Benodigdheden

- Warm water
- IJs
- Meetinstrumenten (thermometers, digitale camera)

Onderwerp

- Ruimte
- Exoplaneten
- Wolken
- Onderzoekend leren
- Hands-on

Leerdoelen

- Geef aan wat een exoplaneet is
- Leg uit waarom wolken belangrijk zijn voor de wetenschap van exoplaneten
- Leg uit hoe wolken op een planeet worden gevormd.
- Identificeer de variabelen in een experiment/demonstratie.
- Aantonen hoe wolken worden gevormd.
- Wetenschappelijke methoden gebruiken om de effecten van het systematisch veranderen van een variabele te testen en vast te leggen
- Wetenschappelijke bevindingen aan de klas presenteren.

Samenvatting

In deze reeks van zes activiteiten zullen leerlingen met behulp van onderzoekende leermethoden ontdekken hoe wolken zich vormen op een planeet, en hoe inzicht in wolken een belangrijke rol speelt in de astronomie. De leerlingen worden begeleid bij het ontwikkelen van hypothesen over wolkenvorming en het testen daarvan door middel van praktische experimenten in groepjes. De leerlingen krijgen dan de gelegenheid hun kennis te verankeren door hun bevindingen aan de klas te presenteren en te bespreken.

Colofon

Eerste editie Januari 2023

Updates

Voorwaarden voor gebruik

Deze bronnen kunnen vrij worden gebruikt voor onderwijsdoeleinden. Als u delen ervan kopieert, dan moet een correcte verwijzing naar het origineel worden gemaakt. De meest recente versie is te downloaden op www.esero.be > NL > Lesmateriaal.

AUTEURS

Oriel Marshall Inhoud en didactiek, opleider van leraren.

ESERO Belgium Ondersteuning bij de opmaak, verspreiding en opleiding van leerkrachten.

Jouw mening is belangrijk

ESERO Belgium blijft altijd werken aan kwaliteitsverbetering. Als gebruiker word je aangemoedigd om ons feedback te geven via de contactgegevens op www.esero.be. Wanneer uw feedback een belangrijke bijdrage levert aan de nieuwe editie, wordt uw naam vermeld in de auteurslijst (colofon). Zo helpen gebruikers andere, toekomstige gebruikers aan betere bronnen.

CONTENT

Kenmerken cursus.....	3
Colofon.....	4
Samenvatting activiteiten.....	7
Inleiding.....	9
Achtergrond.....	11
Wolkenvorming.....	11
Wolken op een exoplaneet.....	12
Activiteit 1 Inleiding tot wolken op andere planeten.....	13
Benodigdheden.....	13
Oefening 1: Quiz over wolken in de ruimte.....	13
Extra informatie over de dia's.....	13
Oefening 1.....	14
Activiteit 2 Wolk in een pot.....	15
Oefening.....	15
Bespreking.....	15
Activiteit 3 Bepalen van de variabelen.....	16
Benodigdheden.....	16
Oefening 3.....	16
Resultaten.....	16
Activiteit 4 Exploratie/Experimentatie.....	18
Benodigdheden.....	18
Gezondheid en veiligheid.....	18
Oefening.....	18
Resultaten vastleggen.....	19
Bespreking.....	20
Activiteit 5 Groepspresentaties.....	21
Benodigdheden.....	21
Oefening 5.....	21
Bespreking.....	21
Activiteit 6 Bespreking na de activiteit.....	22
Achtergrondinformatie over verzadiging en condensatie.....	22
Oefening 6.1: Voorgestelde antwoorden.....	23

Links	25
Annex 1 Eye test chart.....	26
Annex 2 Demonstration Instructions	27

Samenvatting activiteiten

1 Inleidende Quiz

- Beschrijving:** Een korte presentatiequiz die de leerlingen kennis laat maken met het idee van wolken in de ruimte en exoplaneten.
- Resultaat:** Betrek de leerlingen erbij, peil hun voorkennis en introduceer nieuwe concepten.
- Vereisten:** Geen.
- Tijd:** 10 minuten.

2 Video demonstratie van een wolk in een pot

- Beschrijving:** Men giet water in de bodem van een glazen bak, spuit een kleine hoeveelheid haarlak in de bak, en plaatst daarop een bord gevuld met ijs. In de bak ontstaat een wolk.
- Resultaat:** Laat de klas kennismaken met de demonstratie. Wek intriges en vragen van de klas over hoe het werkt.
- Vereisten:** Voltooiing van Activiteit 1
- Tijd:** 10 minuten.

3 Bepalen van de variabelen

- Beschrijving:** Maak een lijst van de variabelen in de demonstratie: De leerlingen maken als klas een lijst van de variabelen die deze demonstratie kunnen beïnvloeden..
- Resultaat:** Inoefenen van wetenschappelijke methoden en denken
- Vereisten:** Voltooiing van Activiteit 2.
- Tijd:** 5 minuten.

4 Leerlingexperimenten

- Beschrijving:** De leerlingen worden in groepen verdeeld en krijgen de nodige apparatuur om de demonstratie uit te voeren. Elke groep krijgt/kiest één variabele om systematisch aan te passen en de resultaten ervan te registreren.
- Resultaat:** Onderzoekend leren: wetenschappelijke methoden gebruiken om te onderzoeken en te begrijpen hoe wolken worden gevormd
- Vereisten:** Voltooiing van Activiteit 3.
- Tijd:** 25 minuten.

Optionele pauze

5 Presentaties van bevindingen

- Beschrijving:** De leerlingen presenteren de resultaten van hun experimenten. Ze verklaren de effecten van de verandering van hun gegeven variabele, en delen hun hypothese over waarom deze effecten zijn opgetreden.

Resultaat: Wetenschappelijke resultaten presenteren en die resultaten gebruiken om tot gefundeerde conclusies te komen.
Vereisten: Voltooiing van Activiteit 1 tot en met 3.
Tijd: 20 minuten.

6 Nabespreking

Beschrijving: De leerlingen zullen de kennis die ze hebben opgedaan over wolken toepassen om vragen te beantwoorden over hoe deze informatie astronomen kan helpen.
Resultaat: Toepassing van hun nieuwe kennis op verschillende situaties. Dit zal helpen om hun leerproces te evalueren en te versterken.
Vereisten: Voltooiing van Activiteit 1 tot en met 4.
Tijd: 30 minuten.

Eindtermen

2de graad (minimumdoelen basisvorming – 230327)

- **06.32 (doorstroomfinaliteit):** De leerlingen onderzoeken zuivere stoffen en mengsels in het dagelijkse leven aan de hand van eigenschappen en scheidingstechnieken.
- **06.32 (dubbele finaliteit):** De leerlingen onderzoeken zuivere stoffen en mengsels in het dagelijkse leven aan de hand van eigenschappen en scheidingstechnieken.
- **06.10 (arbeidsfinaliteit):** De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met chemische stoffen.
- **06.39 (doorstroomfinaliteit):** De leerlingen interpreteren massaconcentratie en molaire concentratie.
- **06.50 (doorstroomfinaliteit):** De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen
- **06.34 (dubbele finaliteit):** De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen
- **06.51 (doorstroomfinaliteit):** De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.
- **06.35 (dubbele finaliteit):** De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.

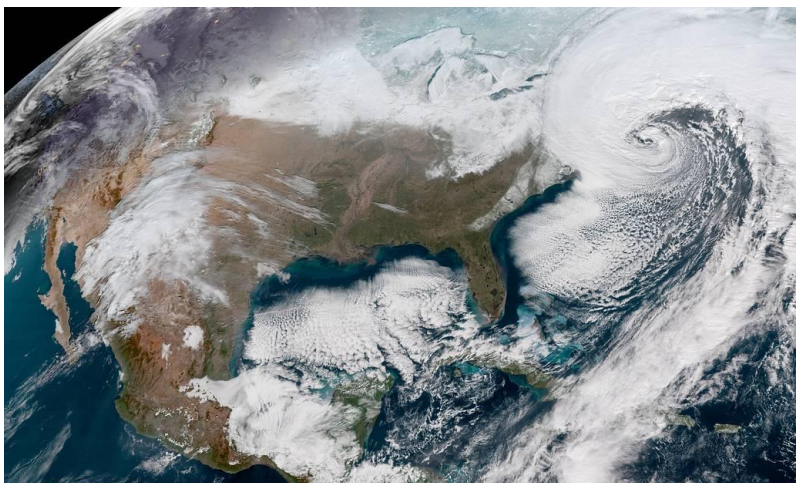
3de graad (minimumdoelen basisvorming – 230327)

- **06.43 (doorstroomfinaliteit):** De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.
- **06.24 (dubbele finaliteit):** De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.

- **06.44 (doorstroomfinaliteit):** De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.
- **06.25 (dubbele finaliteit):** De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.

Inleiding

Bijna alles wat we weten over andere planeten dan de onze is te danken aan telescoopwaarnemingen. Als een buitenaards wezen in een ander zonnestelsel zou leven en door een buitenaardse telescoop naar de aarde zou kijken, zou veel van het aardoppervlak bedekt zijn met wolken.



Figuur 1: De aarde gezien vanuit de Copernicus Sentinel-3-satelliet van ESA

Deze bewolking zou het voor buitenaardse astronomen moeilijker maken om het aardoppervlak waar te nemen. Volgens dezelfde redenering worden onze waarnemingen van andere planeten sterk beïnvloed door de bewolking. Om een planeet, zijn atmosfeer en het oppervlak dat zich onder de wolken kan bevinden te begrijpen, is het belangrijk dat we eerst de wolken zelf begrijpen.

In deze reeks activiteiten zullen de leerlingen onderzoeksmethoden gebruiken om te begrijpen hoe wolken zich op een planeet vormen en welke omstandigheden op een planeet nodig zijn om wolken te hebben. Hierdoor zullen de leerlingen niet alleen het belang van wolken in de sterrenkunde begrijpen, maar ook het proces van wolkenvorming op aarde.

Door deze activiteiten worden de leerlingen aangemoedigd na te denken over de overeenkomsten en verschillen tussen planeten, en leren ze over planeten buiten ons eigen zonnestelsel (exoplaneten). De leerlingen krijgen ook de kans om hun wetenschappelijke vaardigheden te testen en hun begrip van wolkenvorming toe te

passen door deductieve vaardigheden te gebruiken om te bepalen wat wolken ons kunnen leren over alle vormen van planeten, van onze eigen planeten tot de verste uithoeken van onze huidige telescopen.

Achtergrond

Wolkenvorming

Wolkvorming vereist dezelfde fysica, ongeacht de planeet waarop de wolken zich bevinden, maar er zijn grote verschillen wat betreft de chemische stoffen en de samenstelling die bij de vorming betrokken zijn.

De voorwaarden voor de vorming van wolken zijn simpelweg:

1. een superversadigd deel van de atmosfeer (bv. een zak van de atmosfeer waar de hoeveelheid damp in de zak groter is dan de maximale hoeveelheid die die zak van de atmosfeer kan bevatten, zodat de relatieve vochtigheid groter is dan 100%).
2. Een aerosol in de atmosfeer waarop de damp kan condenseren.

De relatieve vochtigheid van een luchtzak hangt af van het dampgehalte in de atmosfeer en de temperatuur van de atmosfeer. Hoe hoger de temperatuur van de atmosfeer, hoe meer damp er nodig is om superversadiging te bereiken, en omgekeerd.

Superversadiging voor wolken op aarde treedt meestal op wanneer water van het aardoppervlak verdampt, waardoor een luchtzak met waterdamp wordt gevuld. Deze zak stijgt dan op door de atmosfeer waar de lucht koeler is. Naarmate de zak van lucht en damp kouder wordt, neemt de hoeveelheid damp die de zak kan vasthouden af, totdat superversadiging wordt bereikt. Als er zich aerosoldeeltjes in deze luchtzak bevinden, zal de damp op deze deeltjes beginnen te condenseren en zo wolken vormen.

Op andere planeten zijn superversadiging en aerosolen ook beide nodig voor wolkenvorming, maar de atmosferen van de verschillende planeten zullen zeer uiteenlopende chemische samenstellingen, temperaturen en drukken hebben. Op aardse planeten kunnen aerosolen het gevolg zijn van gebeurtenissen zoals stofstormen of vulkanen op het planeetoppervlak, maar het stof en de rook zullen waarschijnlijk een heel andere chemische samenstelling hebben.

Wolken in het zonnestelsel

Alle planeten in ons zonnestelsel behalve Mercurius hebben wolken. Mercurius heeft geen wolken omdat het geen atmosfeer heeft. De gasreuzen hebben een wervelende wolkenlaag die bijna hun hele oppervlak bedekt, en aardse planeten zoals de aarde en Mars hebben een wolkenbedekking die meer lijkt op die van de aarde: een verscheidenheid aan wolkenpatronen, meestal met meer bewolking aan de polen en enkele stormen over de hele planeet.

Zoals in de begeleidende presentatie wordt uitgelegd, worden de wolken op andere planeten in ons zonnestelsel gevormd uit een breed scala van mineralen, ijs, gassen.

Wolken op een exoplaneet

Wolken spelen een cruciale rol in het onderzoek naar exoplaneten. Astronomen hebben meer dan vijfduizend planeten buiten ons eigen zonnestelsel gevonden en van veel van deze planeten wordt aangenomen dat ze wolken in hun atmosfeer hebben. Wolken kunnen het licht dat we met telescopen van een planeet zien sterk beïnvloeden, dus het is cruciaal dat we wolken en hun processen kunnen begrijpen om meer te weten te komen over exoplaneten. Wolken beïnvloeden zowel het licht dat door een planeet wordt weerkaatst, als de eigenschappen van de planeet zelf. Wolken zijn isolerend en kunnen dus de temperatuur van een planeet beïnvloeden. Ze zijn ook ondoorzichtiger dan atmosferisch gas en absorberen dus het licht van de gastheerster van een planeet en zenden het op verschillende golflengten weer uit.

Wolken op exoplaneten kunnen er heel anders uitzien dan wolken in onze atmosfeer hier op aarde. De verschillen in groottes van planeten, samenstelling en temperatuur van planeten kunnen leiden tot wolken of wolkenlagen van verschillende hoogte en dikte, die bestaan uit een enorme verscheidenheid aan mineralen, vloeistoffen, gassen en vaste stoffen. Dit maakt het mogelijk dat wolken op exoplaneten bestaan uit gesmolten gesteente, glas, ijzer, robijnen, saffieren en nog veel meer!

Naast verschillende samenstellingen en groottes kan ook de locatie van wolken op een planeet drastisch variëren op exoplaneten. Sommige exoplaneten zijn 'tidally locked', wat betekent dat hetzelfde gezicht van de planeet altijd naar zijn gastheerster is gericht, waardoor de ene kant van de planeet eeuwig dag is en de andere kant continu nacht, met een schemerzone in het midden. Op dergelijke planeten is de dagzijde vaak te heet voor de vorming van wolken, maar de nachtzijde kan een warmer planeetoppervlak hebben, maar een zeer koude atmosfeer. Dit betekent dat de omstandigheden aan de nachtkant veel geschikter zijn voor de vorming van wolken, wat kan resulteren in een planeet die voor de helft bewolkt is en voor de helft een heldere hemel heeft!

Activiteit 1

Inleiding tot wolken op andere planeten

In deze activiteit maken de leerlingen kennis met het idee van wolken op andere planeten. Het doel van deze activiteit is te peilen naar de voorkennis van de leerlingen over het onderwerp en hen te betrekken en hun belangstelling te wekken. De wetenschap achter wolkenvorming komt in deze activiteit niet aan bod, maar er wordt ingegaan op waar wolken zijn waargenomen, welke effecten wolken kunnen hebben en waarom het voor wetenschappers en astronomen van exoplaneten belangrijk is wolken te begrijpen.

Benodigheden

Projector/scherm & digitale presentatie (opgenomen in bijgevoegde PowerPoint-presentatie)

Oefening 1: Quiz over wolken in de ruimte

Volg de diavoorstelling met snelle quizvragen over wolken in de ruimte. De leerlingen moeten de tijd krijgen om elke vraag te bespreken. Als er in dit stadium veel aanvullende en vervolgvragen van de leerlingen zijn, wordt voorgesteld deze vragen op te schrijven, zodat ze aan het eind van de les kunnen worden behandeld.

Extra informatie over de dia's

Aanvullende informatie en tips zijn te vinden in bijlage 2: Slide Notes.
Het verdient aanbeveling deze notities tijdens de les toegankelijk te houden.

Bespreking

Zoals blijkt uit de quizvragen, hebben veel van de exoplaneten die we tot nu toe hebben gevonden waarschijnlijk wolken, en wolken kunnen moeilijkheden opleveren bij het observeren van een planeet. Daarom is het belangrijk dat wetenschappers van exoplaneten begrijpen hoe en waar wolken zich vormen, zodat ze door de effecten van de wolken heen kunnen kijken en meer te weten kunnen komen over de planeet eronder. Leren over wolken helpt wetenschappers ook de chemische samenstelling en dynamiek van de atmosfeer van een planeet te begrijpen. Als we weten welke voorwaarden nodig zijn voor de vorming van wolken, kunnen we uit de waarneming van een planeet met wolken afleiden dat op die planeet aan die voorwaarden moet zijn voldaan.

Oefening 1

Wat zijn volgens jou de voorwaarden voor de vorming van wolken?

In deze fase is er nog geen vast antwoord op deze vraag. Het doel van deze vraag is de leerlingen tot onderzoek aan te zetten. Dezelfde vraag zal later in de les worden gesteld (activiteit 6) en er zullen antwoorden worden gegeven.

Activiteit 2

Wolk in een pot

In deze activiteit toont u een videodemonstratie van het experiment wolk in een potje. De video is te vinden op de volgende link.

<https://vimeo.com/802277701>

Oefening

Tijdens deze demonstratie is het belangrijk dat de leerlingen alleen het effect te zien krijgen en nog geen uitleg krijgen over wat er gebeurt. Dit is om de nieuwsgierigheid van de leerlingen te stimuleren en hen aan te moedigen zelf hypothesen te bedenken tijdens de experimenteer- en verkenningfase van de les (activiteit 4).

Bespreking

De leerlingen moeten de wolken in de pot zien ontstaan. Het wordt aangemoedigd dat ze zich afvragen hoe dit gebeurt, maar dat de leerkracht in dit stadium geen antwoorden geeft. De leerlingen zullen proberen zelf hypothesen te ontwikkelen en die in activiteit 4 te testen.

Activiteit 3

Bepalen van de variabelen

In deze activiteit gaan de leerlingen als klas aan de slag om de variabelen in deze demonstratie te bepalen.

Benodigheden

Een whiteboard/zwart bord/scherf dat alle leerlingen kunnen zien.

Oefening 3

Vraag als klas aan de leerlingen welke variabelen in deze demonstratie voorkomen. De stellingen moeten worden opgeschreven op een bord of scherm dat alle leerlingen kunnen zien. De docent kan de leerlingen zo nodig begeleiden. Voorgesteld wordt om voor deze activiteit 'denken, paren, delen' of iets dergelijks te gebruiken.

Resultaten

Onder begeleiding van de leerkracht kunnen de volgende variabelen door de klas worden vastgesteld.

De vetgedrukte variabelen worden voorgesteld om in de volgende activiteit te testen. De niet vetgedrukte variabelen zijn nuttig voor de context en de volledigheid en de identificatie ervan zal de discussie in de klas vergemakkelijken. Uw klas kan ook andere variabelen identificeren die niet op deze lijst staan! Niet alle variabelen hebben een directe parallel met de atmosfeer van exoplaneten. Dit komt omdat alle natuurkundige analogieën en demonstraties beperkingen hebben, omdat het geen exacte replica is van de atmosfeer van een exoplaneet.

Variabelen in het experiment
**Parallel in de atmosfeer van een
exoplaneet**

Temperatuur van het water op de bodem van de container	Temperatuur van het oppervlakte van de exoplaneet
Temperatuur van het water aan de bovenkant van het vat → luchttemperatuur aan de bovenkant van het vat	Temperatuur van de atmosfeer van de exoplaneet
Aanwezigheid/samenstelling van de toegevoegde deeltjes/aërosol	Aanwezigheid/samenstelling van stof en mineralen in de atmosfeer van de exoplaneet
Volume van het water op de bodem van de pot	Hoeveelheid oppervlaktewater op de planeet
Atmosferische druk	Atmosferische druk op de exoplaneet
Vochtigheid in de container	Vochtigheid in de atmosfeer van de exoplaneet

Activiteit 4

Exploratie/Experimentatie

In deze activiteit worden de leerlingen in groepen verdeeld en wordt hen gevraagd het effect van een variabele op de gevormde wolk te onderzoeken. Op deze manier proberen de leerlingen te bepalen wat een planeet nodig heeft om wolken te hebben.

Benodigheden

- Een grote glazen pot of bak per groep
- Een metalen/keramisch bord/kommetje dat als deksel voor de glazen potten kan worden gebruikt (één per groep) A kettle or water bath (one per class)
- Een waterkoker of waterbad (één per klas)
- Een bak of beker voor heet water
- Thermometer (minstens één per groep)
- Haarlak/droogshampoo - indien mogelijk ongeparfumeerd (één per groep)
- Een spuitfles met water
- IJs
- Afwasmiddel (of andere anticondensmiddel voor glas)
- Een oogtestkaart (zie bijlage 1)

Gezondheid en veiligheid

Voorzichtigheid is geboden bij het gebruik van heet water. Aan de klas moet worden uitgelegd dat een snelle verandering in de temperatuur van een glazen recipiënt kan leiden tot het breken ervan. Bij deze activiteit wordt haarlak gebruikt, leerlingen met astma moeten zich hiervan bewust zijn en het is een goed idee om tijdens deze activiteit de ramen open te houden.

Oefening

De leerlingen moeten voor deze activiteit in groepen van 3 tot 5 leerlingen worden verdeeld. Elke groep kiest een variabele om te onderzoeken. Als de groepen moeite hebben met het kiezen van een variabele, kan je hen in plaats daarvan een van de volgende variabelen toewijzen:

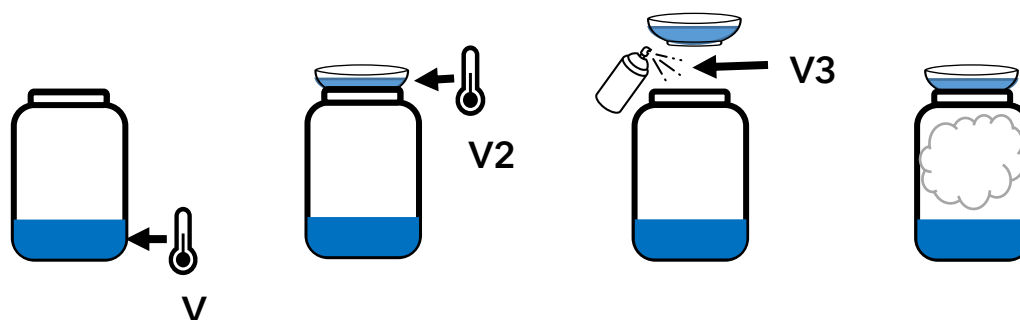
- 1 De atmosferische temperatuur van de exoplaneet (de temperatuur van het water boven in de pot).
- 2 De aanwezigheid/samenstelling van aerosolen/mineralen in de atmosfeer van de exoplaneet (de aanwezigheid/samenstelling van een aerosol)
- 3 De oppervlakte-/vloei-temperatuur op de exoplaneet (de temperatuur van het water op de bodem van het potje).

Voorgestelde temperaturen zijn: IJswater (0 °C), kamertemperatuur (~ 20 °C), heet (75 - 80 °C).

Voorgestelde spuitbussen zijn: Geen spuitbus, water spuitbus (uit een spuitfles), haarlak.

De voorgestelde optimale combinatie van variabelen om een wolk te creëren is:

V1 = heet (75 - 80 °C), V2 = ijswater (0 °C), V3 (aërosol) = haarlak.



Wanneer een groep een van de variabelen verandert, moet worden voorgesteld dat de groep de andere controlevariabelen op de hierboven vermelde optimale waarden houdt. Er wordt voorgesteld de leerlingen niet toe te staan de hoeveelheid haarlak als hun variabele te kiezen, omdat dit moeilijk te controleren is en problemen kan veroorzaken als er slechte ventilatie is.

Als een groep klaar is met het testen van hun voorgestelde variabele bij de voorgestelde waarden, mogen ze verder experimenteren om meer over het onderwerp te leren. Dit kan inhouden dat ze de hoeveelheid water of aerosol veranderen, of dat ze de variabele in kleinere stappen veranderen. Om de leerlingen in staat te stellen hun wetenschappelijke vaardigheden te oefenen, wordt voorgesteld de leerlingen hun eigen plannen voor verdere experimenten te laten bedenken en alleen in te grijpen als hun tests onveilig zijn.

Resultaten vastleggen

De leerlingen kunnen hun resultaten op elke gewenste manier vastleggen. De voorgestelde methode voor het opnemen van hun resultaten is als volgt:

Leerlingen stellen een digitale camera of een camera van een telefoon zo op dat de oogtestkaart zichtbaar is door de glazen container. Als controle wordt een foto genomen van de container zonder wolk. Vervolgens worden foto's/video's/timelapses gemaakt (met dezelfde belichting en de camera in dezelfde positie) om de dikte van de wolk te documenteren. Je kan de omstandigheden bijhouden door elke test te nummeren, en een papiertje bij de foto te voegen met dat nummer erop getekend.

Bespreking

Bij deze activiteit worden de leerlingen aangemoedigd zelfstandig te denken en hun probleemoplossend vermogen te oefenen. De leerlingen mogen hun eigen hypothese bedenken en die testen met methoden die zij geschikt en nuttig achten. Belangrijk bij deze activiteit is dat de leerlingen hun resultaten op passende en nauwkeurige wijze documenteren.

Activiteit 5

Groepspresentaties

In deze activiteit presenteren de leerlingen hun bevindingen uit activiteit 4 aan de rest van de klas. Daarna vat de klas deze bevindingen samen om te bepalen welke variabelen nodig zijn om een wolk op een planeet te vormen.

Benodigheden

Een whiteboard/krijtbord/scherm dat alle leerlingen kunnen zien.

Oefening 5

De groepjes leerlingen presenteren om de beurt hun bevindingen aan de rest van de klas. Dit kan gebeuren op een manier die de leerkracht geschikt acht (bv. mondelinge presentatie, digitale presentatie, poster enz.)

De leerlingen moeten worden aangemoedigd om de volgende punten duidelijk te presenteren:

- De variabele die ze testten
- Hun hypothese voordat het testen begon
- Wat ze vonden tijdens het testen
- Werde hun hypothese bevestigd of ontkend?
- Na het zien van de resultaten van de test, waarom zij denken dat het veranderen van hun variabele het effect had dat het had.

Bespreking

Je kan korte notities van elke groep op het bord schrijven.

Nadat de leerlingen hun bevindingen hebben gepresenteerd, kan als klas worden besproken wat ze gezamenlijk hebben ontdekt en proberen een lijst op te stellen van de voorwaarden die nodig zijn voor de vorming van wolken op een planeet.

De leerlingen wordt dan gevraagd een korte paragraaf te schrijven waarin ze hun bevindingen beschrijven om samen te vatten wat er is gevonden.

Activiteit 6

Bespreking na de activiteit

In deze activiteit breken de leerlingen de stappen van het experiment af om te begrijpen welke voorwaarden nodig zijn voor de vorming van wolken op een planeet.

Voor deze activiteit maken de leerlingen kennis met de begrippen vochtigheid, verzadiging en condensatie. Deze begrippen kunnen worden uitgelegd aan de hand van de desbetreffende dia's in de presentatie.

Achtergrondinformatie over verzadiging en condensatie

De hoeveelheid damp (bijvoorbeeld waterdamp) die een luchtzak in de atmosfeer van een planeet kan vasthouden is gerelateerd aan de temperatuur van de lucht. Als de lucht warmer is, kan hij meer damp vasthouden, als hij kouder is minder.

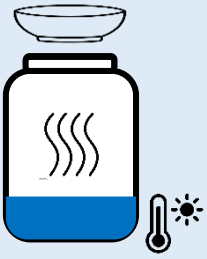
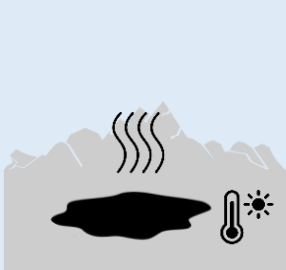
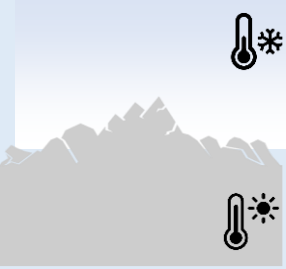
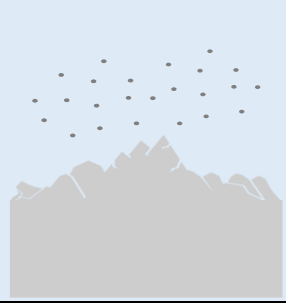
Wanneer bij een bepaalde temperatuur een luchtzak zoveel damp vasthoudt als mogelijk is, is hij **verzadigd** (relatieve vochtigheid = 100%). Wordt er meer damp toegevoegd voorbij dit verzadigingspunt, dan zal de extra damp condenseren op elk mogelijk oppervlak, zodat de lucht op het verzadigingspunt blijft. Je kan dit in actie zien wanneer een auto vol mensen die waterdamp uitademen en de waterdamp begint te condenseren op de ramen.

Als er geen oppervlak beschikbaar is waarop de damp kan condenseren, dan moet de damp in de lucht blijven. Dit resulteert in **superverzadigde** lucht (relatieve vochtigheid van meer dan 100%).

In de atmosfeer van een exoplaneet kan de damp in de atmosfeer condenseren op kleine aërosoldeeltjes die in de lucht zweven. Dit kan stof zijn, of heel kleine stukjes rots of andere mineralen die zich in de atmosfeer bevinden.

Condensatiekernen van wolken: Ook bekend als 'wolkenpitten'. Dit is de naam voor aërosolen en deeltjes in de atmosfeer waarop, wanneer zij zich in een oververzadigde luchtzak bevinden, damp uit de lucht condenseert om wolken te vormen.

Oefening 6.1: Voorgestelde antwoorden

	Experiment Diagrams	Exoplanet Atmosphere (complete the diagrams)	Scientific Processes (add written descriptions)
Stap 1			De vloeistof aan het oppervlak is heet genoeg om in de lucht te verdampen. → De vochtigheid van de atmosfeer/container neemt toe
Stap 2			De top van de atmosfeer is koud → De hoeveelheid damp die de lucht kan vasthouden neemt af. → De relatieve vochtigheid neemt toe, en de lucht wordt superversadigd.
Stap 3			Kleine deeltjes in de lucht worden aërosolen → Dit zijn wolkencondensatiekernen
Stap 4			Het vocht uit de verzadigde lucht condenseert op de wolkencondensatiekernen en er ontstaan wolken

Een opmerking over gasvormige planeten

Zowel gasvormige als rotsachtige/aardse exoplaneten kunnen wolken hebben. Aardse planeten (zoals de aarde of mars) hebben een rotsachtig oppervlak; op dit oppervlak kunnen zich vloeistoffen bevinden die in de atmosfeer kunnen verdampen en zo wolken vormen. Gasvormige planeten (zoals Jupiter en Saturnus) hebben geen vast oppervlak, wat betekent dat de damp om de wolk te vormen zich al in de atmosfeer moet bevinden. Hetzelfde geldt voor stof en aërosolen: rotsachtige planeten kunnen stof en andere

deeltjes op het oppervlak hebben die in de atmosfeer worden geblazen, terwijl bij gasvormige planeten de aërosoldeeltjes zich in de atmosfeer moeten vormen.

Oefening 6.2 : Voorgestelde antwoorden

V1

Stel je voor dat je in het nieuws hoort dat astronomen bewijs hebben gevonden van wolken op een exoplaneet. Wat kun je uit deze informatie voorspellen/leiden over de planeet in kwestie?

Als een exoplaneet wolken heeft, betekent dit dat aan de voorwaarden voor de vorming van wolken moet zijn voldaan. Dit betekent dat de planeet moet beschikken over:

- Een atmosfeer
- Damp in de lucht (als het een aardse planeet is, kan dit komen doordat de grond heet genoeg is om vloeistof op het oppervlak te laten verdampen, als het een gasvormige planeet is, blijft de damp in de atmosfeer).
- Een atmosfeer die koel genoeg is om de relatieve vochtigheid van de atmosfeer van de exoplaneet boven de 100% te brengen (superverzadiging)
- Aerosolen/deeltjes in de lucht (stof, vulkanische as, kleine mineralen of rotsdeeltjes)

V2 (Uitbreidingsvraag)

Sommige exoplaneten zijn tidally locked aan hun ster. Dit betekent dat de planeet altijd met dezelfde kant naar de ster is gericht, net zoals de maan aan de aarde is gekoppeld, zodat wij maar één kant van de maan zien. Dit heeft tot gevolg dat de ene kant van de planeet constant overdag is, en de andere kant van de planeet constant 's nachts. Er wordt voorspeld dat deze planeten vaak maar aan één kant wolken hebben, waarom denk je dat dit zo is?

Voor de vorming van wolken moet aan bepaalde temperatuursvoorwaarden worden voldaan. Op aardse planeten moet de grond heet genoeg zijn om vloeistof te laten verdampen, maar de atmosfeer erboven moet koel genoeg zijn voor superverzadiging. Tidally locked planeten hebben zeer extreme temperaturen. De dagzijde is altijd erg heet in vergelijking met de nachtzijde.

Voor een planeet die dicht bij zijn ster staat, kan de dagzijde zo heet zijn dat de lucht nooit koel genoeg wordt voor superverzadiging, zodat zich geen wolken kunnen vormen, omdat er geen condensatie zou optreden. De nachtzijde kan een verwarmd oppervlak hebben doordat de planeet door de zon wordt verwarmd, zodat vloeistof in de lucht kan verdampen, en de koude atmosfeer aan de nachtzijde zou verzadiging mogelijk maken, zodat zich wolken kunnen vormen

Voor een planeet die ver van zijn ster staat, kan de dagzijde de juiste temperatuur hebben om wolken te vormen, maar de nachtzijde kan te koud zijn om vloeistoffen in de atmosfeer te laten verdampen.

Links

ESA leermiddelen

ESERO Belgium: classroom resources, teachers trainings and STEM projects for schools: www.esero.be

Teach with Exoplanets: https://www.esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets

ESA classroom resources: www.esa.int/Education/Classroom_resources

ESA Kids homepage: www.esa.int/kids

NASA resources

NASA Video - Exoplanet Clouds: 'Jewels' of New Knowledge:

<https://exoplanets.nasa.gov/news/1709/exoplanet-clouds-jewels-of-new-knowledge/>

Extra informatie

CHAMELEON Marie Curie Exoplanet Research Network

<https://chameleon.iwf.oeaw.ac.at/>

Bijlage 1

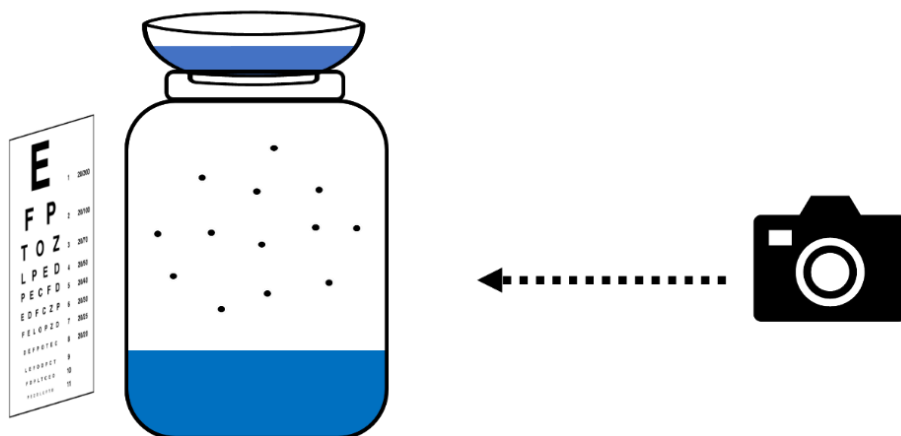
Oogtest

Dit wordt gebruikt om de ondoorzichtigheid van de wolk te beoordelen. Krediet: commons.wikimedia.org

E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30
F E L O P Z D	7	20/25
D E F P O T E C	8	20/20
L E F O D P C T	9	
F D P L T C E O	10	
P E Z O L C F T D	11	

Bijlage 2

Demonstration Instructions



Stap 1: Maak de glaskak schoon en droog. Breng een zeer kleine hoeveelheid afwasmiddel aan op een papieren handdoek en veeg dit rond de binnenkant van de glaskak, zodat er een zeer dun (maar onzichtbaar) laagje achterblijft. Hierdoor zal het glas niet beslaan.

Stap 2: Plaats of plak de oogtestkaart (zie bijlage 1) op de achterkant van de houder, zodat de leerlingen hem door de houder heen kunnen zien. Dit wordt gebruikt om de dikte van de wolk te beoordelen.

Stap 3: Giet ongeveer 2-3 cm heet water (tussen 75 en 80 graden) in de bodem van de container. Dit water moet heet zijn, maar mag geen zichtbare stoomwolken hebben of het glas beslaan. Als het wel beslaat of als er zichtbare stoom is, laat dan het deksel van het vat totdat het voldoende is afgekoeld dat de stoom niet meer zichtbaar is..

Stap 4: Vul het "deksel" met ijs en een paar centimeter water en plaats het op de glazen bak. Het moet dezelfde vorm hebben als het gat van de pot waarin de lucht in de pot is opgesloten.

Stap 5: Verwijder het deksel, doe een klein beetje haarlak in het potje en plaats het deksel terug.

Stap 6: Er moet zich een wolk beginnen te vormen in het potje. Naarmate de wolk zich vormt, moeten de letters op de ogentest geleidelijk verdwijnen.