

Leerdoelen

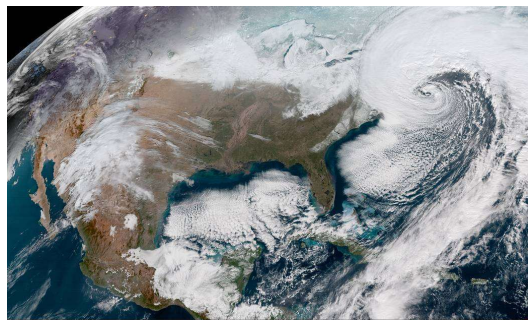
- Leer over de planeten buiten ons zonnestelsel.
- Maak gebruik van de wetenschappelijke methode om na te gaan wat de voorwaarden zijn voor een planeet om wolken te hebben.
- Verklaar hoe wolken zich vormen.

Wij raden je aan de materialen (inclusief het hete water) voor de demonstratie in activiteit 2 voor te bereiden voordat de les begint, om tijd te besparen tijdens de les.



Activiteit 1: inleidende "quiz" - het doel hiervan is de leerlingen kennis te laten maken met exoplaneten en hun kennis over het onderwerp exoplaneten en wolkvorming te peilen.

Waar kan je deze wolken terugvinden denk je?



ESERO Belgium - January 2023 - Credits: Oriol Marshall

3

Vraag de leerlingen aan te geven waar deze foto's van wolken vandaan komen. De antwoorden worden op de volgende dia getoond. De juiste antwoorden zijn: Jupiter, Mars en Aarde. Je kan de leerlingen begeleiden om tot de juiste antwoorden te komen.

Waar kan je deze wolken terugvinden denk je?



Jupiter

NASA's Juno Spacecraft, NASA.gov

ESERO Belgium - January 2023 - Credits: Oriol Marshall



Mars

NASA's Mars Curiosity rover 2021, NASA.gov



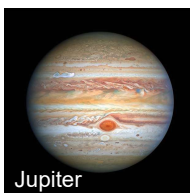
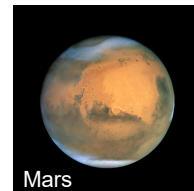
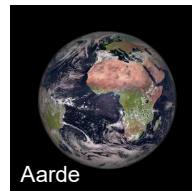
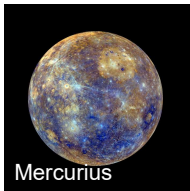
Aarde

ESA's Copernicus Sentinel-3 Mission www.esa.int

4

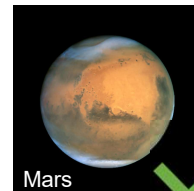
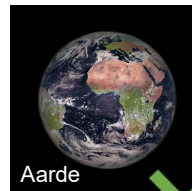
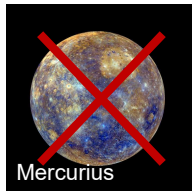
Vertel de klas over de overeenkomsten in wolkenpatronen tussen planeten. Dat komt omdat dezelfde fysica de vorming van wolken dicteert, ongeacht op welke planeet je je bevindt. De beelden van Mars zijn gemaakt door de Mars Curiosity rover, de beelden van Jupiter door het Juno ruimtevaartuig. We beginnen met wolken op planeten in ons zonnestelsel, omdat we die het gemakkelijkst kunnen waarnemen en ervan kunnen leren.

Welke van de planeten in ons zonnestelsel hebben volgens jou wolken?



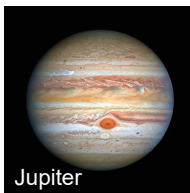
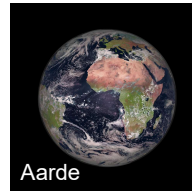
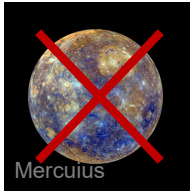
De klas heeft op de vorige dia gezien dat de aarde, Jupiter en Mars allemaal wolken hebben. Je kan de leerlingen laten nadenken over de vraag waarom een planeet al dan niet wolken heeft.

Welke van de planeten in ons zonnestelsel hebben volgens jou wolken?



Mercurius heeft geen atmosfeer, dus kunnen er zich geen wolken vormen. Mercurius heeft geen atmosfeer om twee belangrijke redenen: 1) het is een vrij kleine planeet, dus de zwaartekracht is niet groot genoeg om de atmosfeer vast te houden. 2) hij staat heel dicht bij de zon, dus veel van de atmosfeer is weggeblazen door de energie van de zon. Als de meeste planeten in ons zonnestelsel wolken hebben, lijkt het redelijk te verwachten dat wolken op planeten een vrij gewoon verschijnsel moeten zijn.

Welke van deze planeten hebben wolken gemaakt uit water?



We weten dat wolken op aarde uit water bestaan, maar hoe zit dat op andere planeten?
Is er een reden waarom wolken op aarde uit water bestaan? Is er een reden waarom
andere planeten geen wolken van water hebben?

Welke van deze planeten hebben wolken gemaakt uit water?

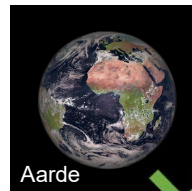


Mercurius



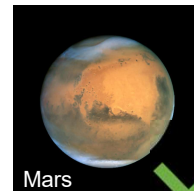
Venus

Zwavelzuur



Aarde

Water



Mars

Waterijs en wat bevroren koolstofdioxide



Jupiter

Ammoniakij, ammoniumhydrosulfidkristallen, mogelijk waterijs en -damp



Saturnus



Uranus

Waterstofsulfide-ijs



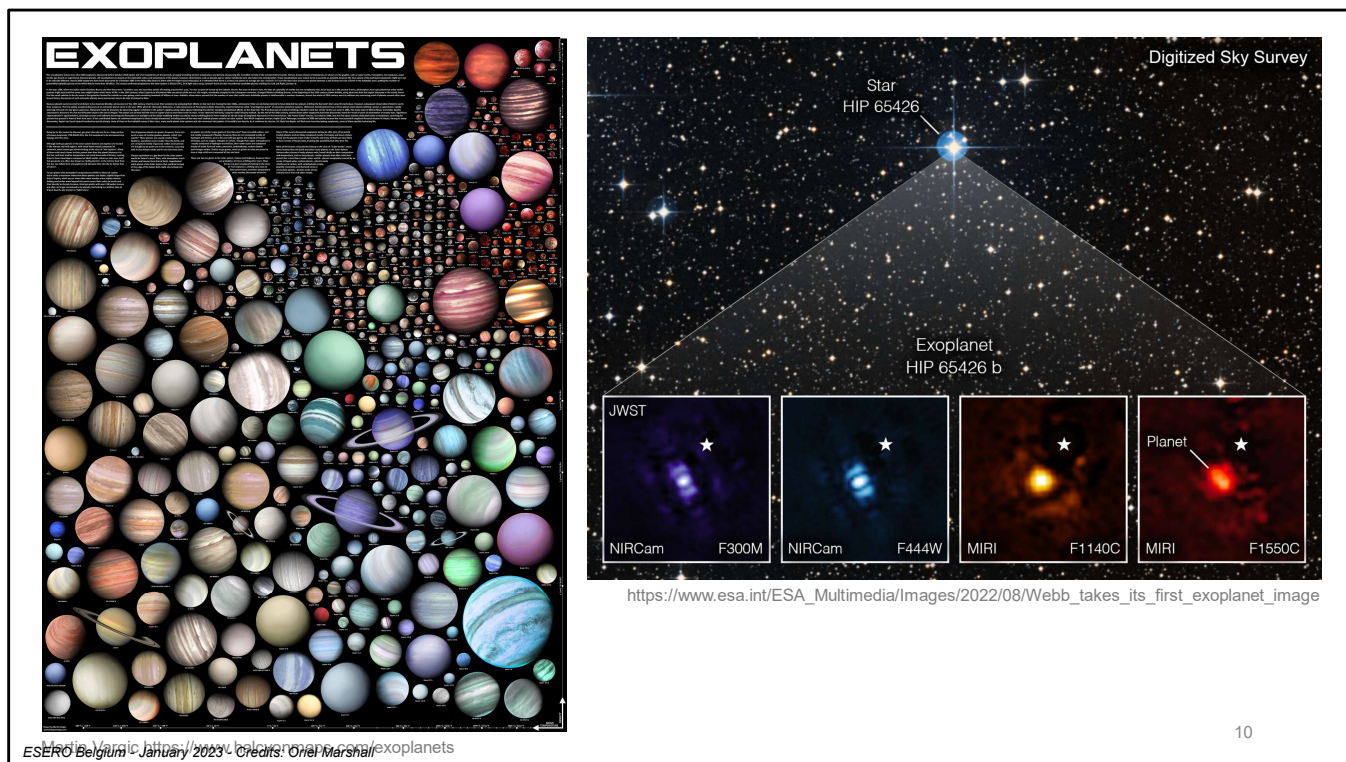
Neptunus

Methaanijs

De wetenschap heeft niet altijd alle antwoorden. Met de waarnemingen en kennis die we hebben, denken we dat Jupiter en Saturnus waarschijnlijk waterijswolken onder hun oppervlaktelagen hebben, maar wetenschappers weten het nog niet zeker. Er wordt nog steeds onderzoek naar gedaan. De chemische samenstelling van wolken hangt af van de druk en de temperatuur van de planeet atmosfeer, zodat verschillende planeten wolken kunnen hebben die uit verschillende chemische stoffen bestaan.



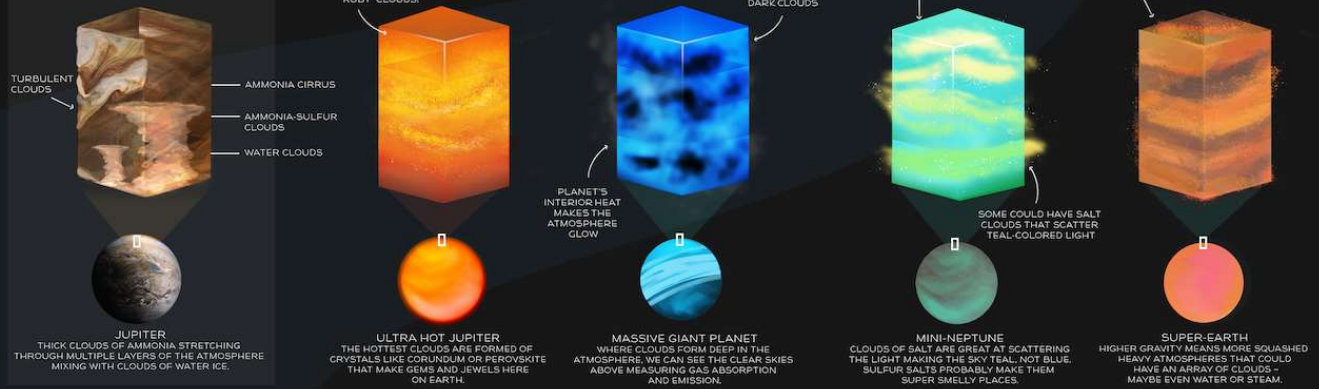
Er zijn meerdere juiste antwoorden voor, zoals reusachtige interstellaire wolken van gas en stof in de ruimte die 'nevels' worden genoemd. Het antwoord waar we ons in deze les op zullen richten is 'op planeten buiten ons zonnestelsel' (exoplaneten). In deze les concentreren we ons op hoe wolken zich vormen op exoplaneten.



Planeten die rond andere sterren dan onze zon draaien worden exoplaneten genoemd. Vanaf 2022 hebben wetenschappers meer dan vijfduizend exoplaneten ontdekt, en dit aantal groeit nog steeds! Omdat het moeilijk is om de wolken die we hier op aarde hebben te zien, staan veel van de telescopen waarmee we naar exoplaneten zoeken in de ruimte. Links zie je een poster met 500 verschillende soorten exoplaneten. Dit zijn artist impressions van de planeten, geen afbeeldingen. Rechts staan beelden die de James Webb ruimtetelescoop heeft gemaakt van een exoplaneet in vier verschillende golflengten van het licht. Zoals je kan zien, zijn de directe foto's van exoplaneten die we hebben niet erg gedetailleerd! Het is een hele uitdaging om exoplaneten waar te nemen, omdat ze klein zijn in vergelijking met hun gastheerster, en ze hun eigen licht niet uitzenden. Met behulp van een combinatie van waarnemingen en rekenmodellen wordt voorspeld dat veel van de exoplaneten die we hebben ontdekt, wolken op zich hebben!

PICTURING EXOPLANET CLOUDS

VASTLY DIFFERENT EXOPLANETS YIELD VERY DIFFERENT ENVIRONMENTS



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

De wolken op exoplaneten kunnen er heel anders uitzien dan wolken in ons zonnestelsel. Exoplaneten bestaan in een enorme verscheidenheid van grootte, temperatuur, omlooptijd en samenstelling. Sommige exoplaneten draaien zo dicht bij hun ster dat hun temperatuur hoog genoeg is om vaste materialen te doen verdampen, wat kan resulteren in wolken van gesmolten steen. Er kunnen exoplaneetwolken zijn van vloeibaar ijzer, of zelfs van robijnen en saffieren!

Welke effecten kunnen wolken hebben op een exoplaneet?

ESERO Belgium - January 2023 - Credits: Oriol Marshall

12

© ESA

Je kan de leerlingen laten nadenken over welke effecten wolken op aarde hebben en welke effecten ze zouden kunnen hebben op planeten in ons zonnestelsel. Veel van deze effecten zijn ook van toepassing op exoplaneten.

Enkele mogelijke effecten van wolken

- Het moeilijk maken voor astronomen om het oppervlak van de planeet te zien.
- Houden warmte vast en kunnen een broeikaseffect veroorzaken
- Licht van hun gastheerster weerkaatsen en absorberen
- De chemische samenstelling van de atmosfeer van een planeet veranderen

Dit is slechts een voorbeeld van de effecten die wolken op een planeet kunnen hebben. Leerlingen kunnen antwoorden voorstellen die niet op deze dia staan, maar die zijn niet noodzakelijk onjuist. Vanwege de effecten die wolken op een planeet hebben, is het voor wetenschappers van exoplaneten heel belangrijk te begrijpen hoe wolken ontstaan.

Activiteit 1: Exoplaneet Wolken

Als astronomen een exoplaneet waarnemen met wolken erop, zegt dit hen dat deze planeet de juiste omstandigheden moet hebben om wolken te vormen.

Oef 1. Wat is er volgens jou nodig voor een exoplaneet om wolken te hebben?

Deze vraag moeten de leerlingen beantwoorden in hun werkbladen. Dat kan individueel of met behulp van 'denken, paren, delen'.

Je kan enkele leerlingen selecteren om hun antwoorden met de klas te delen. Voor deze vraag worden in dit stadium geen juiste antwoorden gegeven, omdat de vraag door de leerlingen moet worden beantwoord via hun experimenten tijdens deze les.

Activiteit 2: Demonstratie

<https://vimeo.com/802277701>

In dit stadium toont u de demonstratie aan de leerlingen. Het is belangrijk dat u in dit stadium de wetenschappelijke concepten achter de demonstratie niet aan de leerlingen uitlegt. Zo kunnen ze het experiment zelf verkennen. Het moet de leerlingen ook duidelijk worden gemaakt dat de demonstratie bepaalde beperkingen heeft. Bijvoorbeeld, de afwasmiddel heeft geen analogie met de atmosfeer van een exoplaneet, het wordt alleen gebruikt voor praktische doeleinden zodat het glas niet beslaat.

De container fungeert als een mini-exoplaneetatmosfeer. In deze demonstratie moeten we water gebruiken om de wolk te maken, omdat we het experiment op aarde uitvoeren. Als we echt op een andere planeet waren, zouden andere vloeistoffen kunnen worden gebruikt.



In dit stadium toon je de demonstratie aan de leerlingen. Het is belangrijk dat je in dit stadium de wetenschappelijke concepten achter de demonstratie niet aan de leerlingen uitlegt. Zo kunnen ze het experiment zelf verkennen. Het moet de leerlingen ook duidelijk worden gemaakt dat de demonstratie bepaalde beperkingen heeft. Bijvoorbeeld, de afwasmiddel heeft geen analogie met de atmosfeer van een exoplaneet, het wordt alleen gebruikt voor praktische doeleinden zodat het glas niet beslaat. De container fungeert als een mini-exoplaneetatmosfeer. In deze demonstratie moeten we water gebruiken om de wolk te maken, omdat we het experiment op aarde uitvoeren. Als we echt op een andere planeet waren, zouden andere vloeistoffen kunnen worden gebruikt.

Activiteit 2: Demonstratie

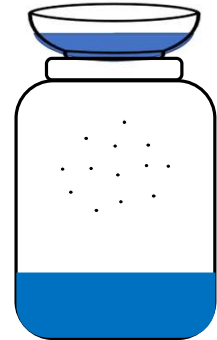
Oef 2. Schets de opstelling van het experiment in de werkbundel.

In dit stadium toon je de demonstratie aan de leerlingen. Het is belangrijk dat je in dit stadium de wetenschappelijke concepten achter de demonstratie niet aan de leerlingen uitlegt. Zo kunnen ze het experiment zelf verkennen. Het moet de leerlingen ook duidelijk worden gemaakt dat de demonstratie bepaalde beperkingen heeft. Bijvoorbeeld, de afwasmiddel heeft geen analogie met de atmosfeer van een exoplaneet, het wordt alleen gebruikt voor praktische doeleinden zodat het glas niet beslaat. De container fungeert als een mini-exoplaneetatmosfeer. In deze demonstratie moeten we water gebruiken om de wolk te maken, omdat we het experiment op aarde uitvoeren. Als we echt op een andere planeet waren, zouden andere vloeistoffen kunnen worden gebruikt.

Activiteit 3: Identificeren van variabelen

- Wat zijn de variabelen in dit experiment?
- Hoe zou elke variabele zich verhouden tot de atmosfeer van een exoplaneet?

Oef 3. Bespreek deze vragen als klas en schrijf de antwoorden op het bord.



De leerlingen moeten even de tijd krijgen om in groepjes variabelen te bedenken. Je kan hiervoor het principe: 'individueel denken, per twee bespreken, met de groep delen' gebruiken.

Vervolgens schrijf je de variabelen en hun equivalent in een exoplaneetsfeer op het bord. Voorgestelde antwoorden hiervoor staan in de docentenhandleiding. De leerlingen kunnen variabelen identificeren die in de demonstratie voorkomen maar niet in de atmosfeer van een exoplaneet en vice versa, omdat de demonstratie beperkingen heeft, zoals veel wetenschappelijke modellen.

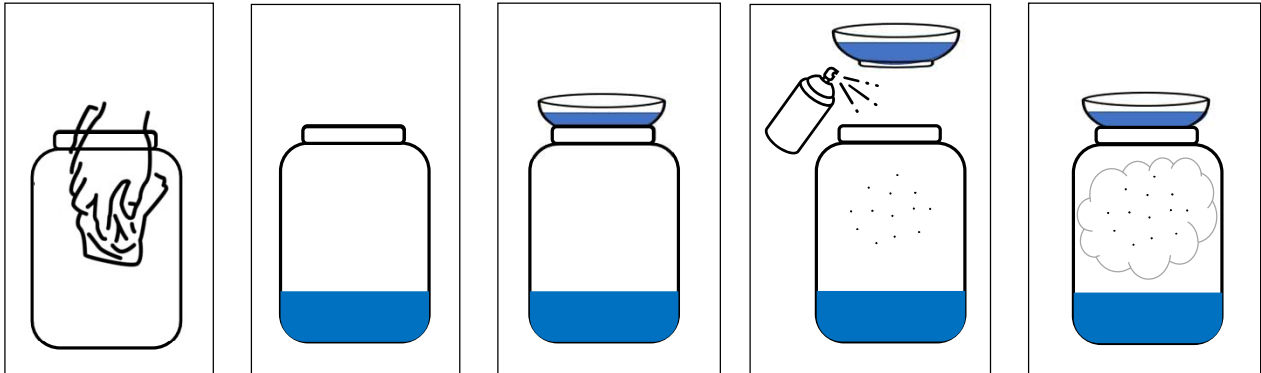
Activiteit 4: Experimenteren

- Exoplaneetwetenschappers vertrouwen vaak op verschillende soorten modellen (bijvoorbeeld computermodellen of laboratoriumexperimenten) om hen te helpen de processen op andere planeten te begrijpen.
- In deze activiteit gebruik je een natuurkundig model om de vorming van wolken van exoplaneten te onderzoeken.

Oef 4. Plan en voer een experiment uit om het effect van een van deze variabelen op de wolken in de atmosfeer van je mini-exoplaneet te onderzoeken.

Voorgesteld wordt ongeveer 25 minuten in te plannen voor het plannen en uitvoeren van de experimenten, waarvan maximaal 10 minuten voor de planning. Je kan hiervoor een timer instellen, zodat de leerlingen hun tijd dienovereenkomstig kunnen indelen.

Activiteit 4: Experimenteren



Voorgesteld wordt ongeveer 25 minuten in te plannen voor het plannen en uitvoeren van de experimenten, waarvan maximaal 10 minuten voor de planning. Je kan hiervoor een timer instellen, zodat de leerlingen hun tijd dienovereenkomstig kunnen plannen. Deze dia kan als leidraad aan de leerlingen worden getoond als u dat nodig acht.

Activiteit 5: Deel je bevindingen

Deel met de rest van de klas wat je hebt geleerd van je experimenten. Dit moet omvatten:

- je hypothese
- Wat je getest hebt
- Welke resultaten je kreeg
- Kwam dit overeen met je hypothese?
- Wat heb je geleerd?

Wanneer elke groep haar bevindingen heeft gedeeld, kun je enkele korte notities over de bevindingen van elke groep op het bord schrijven.

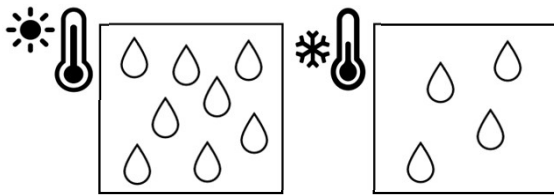
Activiteit 5: Deel je bevindingen

Deel met de rest van de klas wat je hebt geleerd van je experimenten. Dit moet omvatten:

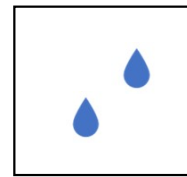
- je hypothese
- Wat je getest hebt
- Welke resultaten je kreeg
- Kwam dit overeen met je hypothese?
- Wat heb je geleerd?

Ozf 5. Schrijf in een korte alinea je bevindingen op alsof je ze uitlegt aan een leerling in een andere klas.

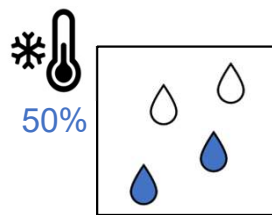
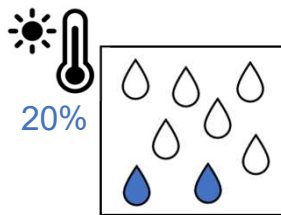
Je bevindingen kunnen delen is een belangrijk onderdeel van het wetenschappelijk proces. Door hun bevindingen uit te leggen aan medeleerlingen kunnen de leerlingen niet alleen deze vaardigheid oefenen, maar ook nagaan of ze de inhoud begrepen hebben.



De maximale hoeveelheid vocht die lucht kan vasthouden hangt af van de temperatuur. Hete lucht kan meer vocht vasthouden.



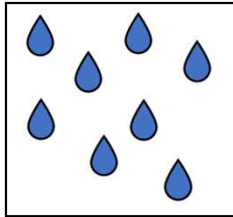
De **absolute vochtigheid** van een luchtzak is de totale hoeveelheid vocht in de lucht



De **relatieve vochtigheid** van een luchtzak is de hoeveelheid vocht in de lucht als percentage van de maximale hoeveelheid vocht die de lucht bij die temperatuur kan bevatten.

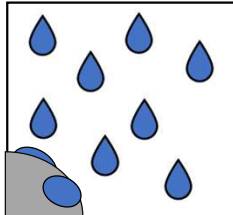
We zullen nu enkele belangrijke wetenschappelijke concepten introduceren. Deze hebben aarde en exoplaneten gemeen.

100%



Wanneer een luchtzak zoveel damp vasthoudt als mogelijk is bij een bepaalde temperatuur, is het **verzadigingspunt** bereikt, bv. de lucht is **verzadigd**.

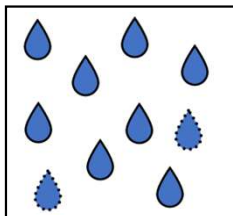
100%



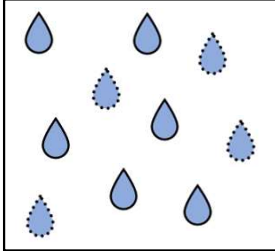
Elke extra damp die voorbij het verzadigingspunt wordt toegevoegd, zal op elk mogelijk oppervlak condenseren om op het verzadigingspunt te blijven.

Je kan dit in actie zien wanneer een auto vol mensen waterdamp uitademt en het begint te condenseren op de ruiten.

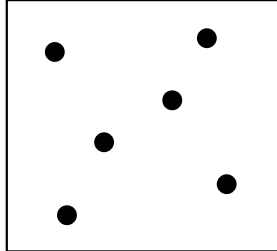
125%



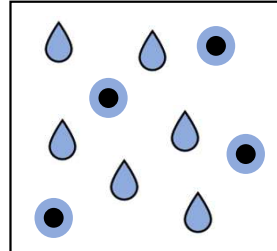
Als er geen oppervlak is waarop de extra damp kan condenseren, moet de damp in de lucht blijven en wordt de lucht **superverzadigd**.



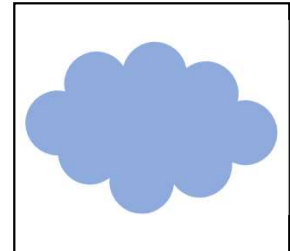
Superverzadigde lucht zal condenseren op elk beschikbaar oppervlak.



Aerosolen zijn kleine vaste deeltjes in de lucht.



Aerosolen kunnen fungeren als een oppervlak waarop damp kan condenseren.



Deze druppels voegen zich samen en vormen wolken.

Aërosolen in de atmosfeer zijn **wolkencondensatiekernen**, ook wel "**wolkenzaden**" genoemd. Enkele voorbeelden van aërosolen op exoplaneten zijn: stof, kleine stukjes rots of andere mineralen, en rook van vulkanen.

Activiteit 6: Je kennis toepassen

De wetenschap achter wolkvorming is hetzelfde, zowel in uw experiment als op exoplaneten.

Omdat je experiment een vast oppervlak heeft, zullen we het in deze activiteit vergelijken met een aardse exoplaneet

Oef 6.1 Vervolledig de table in je werkbundel.

Voorgestelde antwoorden voor Ex6 staan in de docentenhandleiding.

Een opmerking over gasvormige planeten:

- Veel van de ontdekte exoplaneten zijn gasvormige planeten. Dit betekent dat ze voornamelijk uit gassen bestaan en geen rotsachtig oppervlak hebben zoals aardse planeten.
- Hierdoor zijn er geen vloeistoffen op het oppervlak die kunnen worden verdampt, in plaats daarvan moet het vocht in de lucht al als damp in de atmosfeer zitten.
- Op aardse exoplaneten kunnen de aërosolen in de lucht afkomstig zijn van as van vulkanen of stof van stormen op het oppervlak. Op gasvormige planeten moeten de aërosolen al in de lucht zitten. Dit kunnen kleine vaste deeltjes en mineralen zijn die zich in de atmosfeer vormen.