

# Practicum Verdamping en Condensatie met een Concept Cartoon

Onderwerp: verdamping en condensatie

## Beschrijving

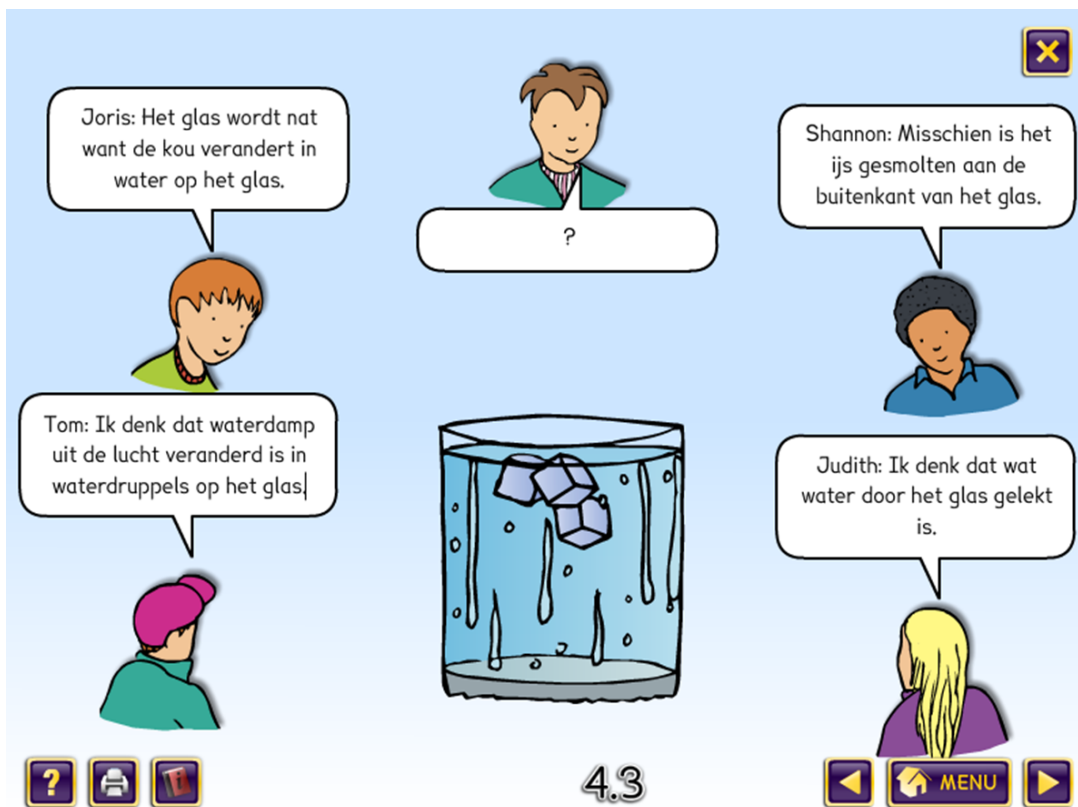
Dit is een onderzoeksactiviteit voor leerlingen uit groep 7 of 8 primair onderwijs en onderbouw voortgezet onderwijs. Een glas water met ijsklontjes of een glas water direct uit de ijskast wordt op tafel gezet. De buitenkant wordt nat. Waarom? De verklaringen in de cartoon inspireren leerlingen tot discussie en onderzoek, maar leerlingen kunnen ook eigen verklaringen verzinnen en onderzoeken. Dat onderzoek kan alle kanten opgaan, maar de modeldidactiek whiteboards kunnen helpen om daar zicht op te houden en faciliteren discussie tussen groepjes en de docent.

## Domeinen

(Leeftijd: 10 - 16 jaar): faseovergangen, temperatuur, deeltjes, onderzoek/ontwerp vaardigheden.

## Voorkennis

Geen



Figuur 1 Concept cartoon over condensatie (Naylor & Keogh 2010).

## Leerdoelen (inhoud)

- Leerlingen kunnen uitleggen wat er gebeurt bij condenseren en verdampen met een simpel deeltjes model en kunnen voorbeelden geven uit het dagelijks leven.

## Leerdoelen (vaardigheden)

- Leerlingen kunnen een plan bedenken om een uitspraak te verifiëren en falsifiëren en gebruiken daarbij een controle experiment.

## Docentenhandleiding

- Leerlingen voeren het plan gedisciplineerd en stap-voor-stap uit.
- Leerlingen formuleren een redelijke conclusie.
- Leerlingen suggereren verbeteringen in het eigen experiment.

## Benodigheden

- glazen
- ijsblokjes
- koud water in kan, thermosfles of plastic fles uit de ijskast
- heet water in thermosfles of uit een waterkoker
- maatbeker, of maatcilinder
- nauwkeurige weegschaal
- wat extra materialen die leerlingen zouden kunnen gebruiken en die hun creativiteit kunnen inspireren zoals oude kranten, plastic, deksels voor de glazen (bv schotels), plastic of metalen bekens, isolatiemateriaal.

## Introductie van het practicum en uitvoering

1. **Klassikaal:** De docent haalt een glas koud water uit de ijskast. Zeer snel vormt zich condens op de buitenkant van het glas. Hoe komt dat? Waarschijnlijk kennen de leerlingen het verschijnsel al en weten sommige leerlingen misschien heel zeker hoe het komt. In de praktijk blijkt dat geen probleem te zijn in deze activiteit omdat de nadruk ligt op het verzamelen van *bewijsmateriaal* voor en tegen de verschillende standpunten.
2. **Klassikaal of in de groepjes:** Laat leerlingen even praten over wie er gelijk zou kunnen hebben in de cartoon en waarom. Zijn er ook andere mogelijke antwoorden?
3. **Groepjes:** Verdeel nu de leerlingen in random groepjes van 3 of hooguit 4 leerlingen met de opdracht een experiment te bedenken. Ze doen dat aan de hand van vragen op het planning werkblad maar noteren antwoorden links op het whiteboard. **Zie leerling versie.**
4. **Groepjes:** organiseren zichzelf, bijvoorbeeld 1 leerling per groepje haalt de spullen die ze denken nodig te hebben, een andere leerling ontfermt zich over verslaggeving (zie organisatie).
5. **Groepjes:** leerlingen voeren hun experiment uit en noteren observaties en conclusie rechts op het whiteboard. De leerkracht/docent loopt rond, observeert, luistert, stelt vragen.

## Klassikale post-lab discussie

De whiteboards en een rondgang door de klas tijdens het experimenteren helpen de docent een didactisch slim pad te kiezen door de whiteboard presentaties. Daarbij zijn er twee aandachtspunten: 1) wat hebben we geleerd over verdamping en condensatie (conceptueel), en 2) wat hebben we geleerd over experimenteren en de kwaliteit van bewijsmateriaal.

## Organisatie

- In modeldidactiek werken we meestal met random groepjes van 3 of 4 leerlingen.
- Bij grote klassen in het primair onderwijs is het vaak handig te werken met een taakverdeling in de groep (coöperatief leren): 1 leerling zorgt voor de spullen, 1 leerling noteert resultaten op het whiteboard, 1 leerling houdt in de gaten dat het plan wordt gevolgd (andere taakverdelingen zijn mogelijk). De taakverdeling rouleert een volgende keer.

## Tips

Het ligt voor de hand om in de einddiscussie eerst in te gaan op experimenten die rechtstreeks verband houden met de uitspraken in de cartoon. Dan conclusie formuleren en daarna wat hebben

## Docentenhandleiding

we nog meer geleerd over het verschijnsel condenseren. Vervolgens een discussie over de kwaliteit van experimenten en bewijsmateriaal. Wat zou je een volgende keer anders doen?

### Ervaringen

Bij deze activiteit blijkt de drempel naar onderzoek heel laag te zijn. Leerlingen, maar ook workshops met leerkrachten of docenten, hebben er vertrouwen in dat ze dit wel kunnen en ze leren ook onderweg. De eerste groep kinderen (groep 7 & 8) rende meteen enthousiast weg om spullen te zoeken die ze dachten nodig te hebben, zonder enig nadenken. Vandaar de introductie van een planning worksheet om dat nadenken af te dwingen. In de basisschool hebben we in het werken met concept cartoons (ook andere cartoons) vaak de start discussie en planning van een experiment gedaan tegen het eind van de vorige les om dan de volgende les met experimenteren te beginnen. Bijkomend voordeel is dat er gezorgd kan worden voor eventuele extra materialen.

### Natuurkunde van condensatie (voor docenten/leerkrachten van andere vakken)

- IJs, water, en waterdamp bestaan uit watermoleculen ( $H_2O$ ). Die moleculen zitten strak aan elkaar vast (ijs), of trekken elkaar sterk aan maar kunnen wel vrij bewegen (water) of bewegen zo snel vanwege de temperatuur dat ze elkaars' aantrekkingskracht niet of nauwelijks voelen en zich verspreiden over een grote ruimte (waterdamp). Wanneer die snel bewegende waterdamp moleculen tegen een koud oppervlak aankomen (zoals de buitenkant van een glas ijswater), dan verliezen ze snelheid en condenseren ze vervolgens door de onderlinge aantrekkingskracht tot waterdruppels. Dat is wat er aan de buitenkant van een glas ijswater gebeurt. Waterdampmoleculen uit de lucht condenseren tot druppels.
- Bij een glas heet water zie je ook condensatie op het glas, maar dan op de binnenkant boven het water. Er vindt verdamping plaats, de damp komt tegen de koudere binnenrand van het glas en condenseert weer tot water. In het begin is het temperatuurverschil van onderste deel van het glas dat in contact is met het hete water, en het bovenste deel (geen water) heel duidelijk te voelen. De binnenrand van het glas is dus kouder dan de waterdamp van het hete water. Resultaat ..... dampvorming tegen de binnenrand.
- De drie aggregatietoestanden zijn al genoemd: IJs (vast), water (vloeibaar), waterdamp (gas). Om van de een naar de ander te gaan is energie nodig. Verdampen gebeurt bij elke temperatuur. Bij elke temperatuur kunnen moleculen aan het oppervlak toevallig wat extra energie op doen en ontsnappen uit de vloeistof (verdampen). Het verschil met koken is dat bij koken verdamping overal in de vloeistof plaatsvindt en niet alleen aan het oppervlak. Dat koken gebeurt bij een heel specifieke temperatuur (water  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) terwijl verdamping bij elke temperatuur plaatsvindt. De was droogt ook in de winter al kan het langer duren.
- Emma uit groep 6 (!) suggereerde na enkele experimenten die anders uitkwamen dan ze voorspeld had, dat als adem tegen een kouder oppervlak komt, er condens ontstaat. Maar als adem tegen een warmer oppervlak aankomt, dan ontstaat er geen condens. En dat klopt! Als er een hoge graad van verzadiging is, zoals waterdamp in adem, dan vindt condensatie plaats tegen elk voorwerp dat een lagere temperatuur heeft dan de damp, dus bij adem een lagere temperatuur dan  $37$  graden.
- In het glas met heet water besloeg de binnenkant van het glas. Bij heet water vindt veel verdamping plaats en wordt veel damp gevormd. Als de wand van het glas die boven het water uitsteekt toch kouder is dan die waterdamp, dan gaat het daarop condenseren.

### Mogelijke experimenten (zie ook tabel 1)

In onze lessen kwamen we o.a. de volgende experimenten tegen:

- Als het water uit de lucht komt, dan zou het glas zwaarder moeten worden. Glas direct uit de ijskast op een weegschaal zetten en zien wat er gebeurt. Wordt het glas zwaarder? Komt het vocht aan de buitenkant van het glas van buiten of van binnen het glas? Het moet een nauwkeurige weegschaal zijn want het gaat om druppels. Deksel op het glas om verdamping te voorkomen.

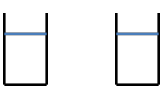

- Je kunt ook ademen op het glas en zien wat er dan gebeurt, ook dan wordt het nat en de adem komt duidelijk van buiten het glas. Maar is massatoename te meten?
- Emma (10 of 11 jaar in een plus klas) stelde voor om te zien of adem op de buitenkant van een glas heet water ook condenseert. Nee dus. Ze concludeerde: als waterdamp tegen iets aankomt dat kouder is (kouder dan de damp), dan condenseert het. Dus adem op een glas water met kamertemperatuur en er is condensatie. Adem uit op een glas water van 40 of 50 graden en je krijgt geen condensatie van waterdamp in adem.
  - Dit is een schitterend idee. In werkelijkheid is het als volgt: lucht kan per liter een bepaalde hoeveelheid waterdamp bevatten. Die hoeveelheid is afhankelijk van de temperatuur. Bij hogere temperatuur kan lucht meer waterdamp bevatten dan bij lagere temperatuur. Als vochtige lucht afkoelt, dan zal er dus waterdamp uit moeten en die condenseert dan. Dat gebeurt als warmere vochtige lucht tegen iets aankomt dat kouder is. Om het nog ingewikkelder te maken spreken we over verzadigde lucht als de hoeveelheid waterdamp maximaal is en over onverzadigde lucht als er bij die temperatuur nog wel meer waterdamp bij kan.
- Als (volgens leerlingen) ijs aan de buitenkant van het glas gesmolten zou zijn: doe een deksel op het glas. Wordt de buitenkant nu nog nat?
- Als water (volgens leerlingen) door het glas lekt, dan zou het waterniveau in het glas moeten dalen. Is dat zo? Neem bv een maatbeker of maatcilinder. Laat eerst zien dat die ook van buiten nat wordt. Doe dan een experiment waarbij de maatcilinder met koud water + ijs wordt gevuld en zie of het waterniveau naar beneden gaat bij condensatievorming op de buitenkant. Een handiger experiment is gewoon een deksel op het glas te zetten en kijken of condensatievorming wel of niet gebeurt.
  - Luca en Lloyd (10 jaar) voorspelden dat het waterniveau zou stijgen want ijs wordt water en in het begin steekt het ijs eruit. Dus hun experiment was de eigen voorspelling van stijging van water versus Bea's voorspelling dat het waterniveau zou dalen. Maar het waterniveau stijgt niet, klasgenoot Joost herinnerde zich dat ijs een kleiner volume aanneemt wanneer het water wordt.
- Als water door het glas lekt: neem een glas van ander materiaal, probeer diverse materialen (bij sommige isolerende materialen zoals piepschuim zal condensvorming aan de buitenkant minder zijn doordat de buitenkant misschien niet koud genoeg is).
- Als waterdamp uit de lucht condenseert: breng het koude glas in een zeer droge omgeving, bv een gesloten doos met silicakristallen die vocht absorberen. Is er nu nog condensvorming op de buitenkant? Eventueel vochtigheid met hygrometer controleren.
- Doet een koud glas zonder water het ook? Ja met adem, maar niet met waterdamp op kamertemperatuur. Maar zie commentaar over warmtecapaciteit hieronder al zal dat een stap te ver zijn voor een deel van de leerlingen.
- Verkennen van het verschijnsel: experimenteren met andere materialen en bv ook met de Starbucks beker met dubbele isolatie. Nou dat is een mooi model voor dubbele ramen!
- Verkennen van het verschijnsel: Zou het ook met andere koude vloeistoffen kunnen? Neem een flesje schoonmaak alcohol (gedenatureerde alcohol 96% van Etos) en laat het 's nachts in de ijskast staan en haal het eruit. Komen er druppels op de buitenkant? Of schenk het in

**Docentenhandleiding**

een glas en doe er ijsklontjes in, komen er druppels op de buitenkant? N.B. de ijsklontjes zullen niet drijven maar zinken in alcohol!

- Joost en Rosa stelden voor het glas in plastic te verpakken. Ze voorspelden dat er nu water gevormd zou worden aan de buitenkant van het plastic en niet tussen het plastic en het glas. Ze gebruikten bubbelpastic. Ze vonden dat de buitenkant droog en warm aanvoelde terwijl de binnenkant van het plastic (dat tegen het glas zat) koud en nat was.

Tabel 1: Nog meer mogelijke experimenten

Experiment	Vraag	Verwacht resultaat
 Koud    koud met deksel	Wordt de buitenkant ook nat als je een deksel gebruikt? Bv, als Judith gelijk heeft, dan zou de buitenkant nog steeds nat worden.	Beide glazen beslaan
 Koud    warm	Wordt de buitenkant ook nat bij warm water, warmer dan de omgevingstemperatuur?	Het glas met warm water zal niet nat worden aan de buitenkant. Als het water echt heel warm is, dan beslaat het glas aan de binnenkant.
 Koud    koud geïsoleerd	Als je het glas goed isoleert met bv papier/karton/watten, wordt de buitenkant dan nog nat?	Het geïsoleerde glas wordt soms wel en soms niet nat aan de buitenkant, afhankelijk van de kwaliteit van isolatie en hoeveel lucht er nog tussen glas en isolatie zit. Het kan zelfs extra nat worden want vanwege de isolatie verdampt de condens niet gemakkelijk opnieuw.
 Olie    water Koud    koud	Hangt het van de vloeistof af of de buitenkant van het glas nat wordt?	Nee, beide glazen worden nat aan de buitenkant. Wel zal het effect bij water sterker zijn vanwege de grotere soortelijke warmte van water.
 Water    metaal Koud    koud	Is er ook condensatie bij vaste voorwerpen, bv koud metaal?	Ja, ook het metaal wordt nat als het maar koud is, bv metaal uit de ijskast halen en afdrogen en dan neerzetten.

## Docentenhandleiding

Experiment	Vraag	Verwacht resultaat
Beide glazen water kamertemperatuur  Geen adem adem	Kan een glas met water op kamertemperatuur beslaan als je erop ademt?	Ja, het glas met de adem beslaat, het andere glas niet of langzamer (met waterdamp uit de lucht om het glas).
 Water kamer water heet temperatuur	Als je ademt op glazen met water op kamertemperatuur en heet water, beslaan de glazen?	Glas met kamertemperatuur beslaat, glas met heet water beslaat niet aan de buitenkant, maar alleen aan de binnenkant door verdamping en condensatie van het hete water.
	Een simpele verklaring die voor alle situaties opgaat: als vochtige lucht langs een kouder oppervlak (kouder dan de lucht) gaat, dan beslaat het oppervlak. Als vochtige lucht langs een even warm of warmer oppervlak gaat, dan beslaat het niet, dan is er geen condensatie.	

**Bijlage A: Leerlingwerkblad: Plan voor een experiment<sup>1</sup> (kan ook op white board)**

<b>Onderzoeksvraag:</b>    
<b>Voorspelling:</b>   
<b>Hoe gaan jullie het experiment uitvoeren? (tekening?)</b>    

<sup>1</sup> Werkblad ontworpen door Elmer Roze

Wat verwacht je dat er gebeurt?
Wat hebben jullie voor het experiment nodig?
Hoe noteren jullie de resultaten?