

## Convectiecellen

<b>Vak</b>
Natuurkunde of fysische geografie
<b>Leerjaar / sector</b>
Klas 2 havo/vwo; 3 vmbo
<b>Context</b>
De leerlingen hebben kennis gemaakt met begrippen, zoals warmte, temperatuur, dichtheid en convectie. Ze moeten ze nu toepassen op convectie in vloeistoffen en gassen. Op die manier zijn veel verschijnselen te verklaren, zoals land- en zeewind, <i>Hadley cells</i> , oceaanstromen, en convectiecellen bij platentektoniek <sup>1</sup> .
<b>Leerdoelen</b>
<p><b>Leerdoelen voor de lange termijn</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ik kan het idee van convectiecel en verandering van dichtheid met temperatuur toepassen op verschillende verschijnselen, zoals verwarming in huis, land- en zeewind, Hadley cells, oceaanstromen, en platentektoniek.</li> <li>Ik kan een redenering opzetten die uit verschillende onderdelen bestaat.</li> </ul> <p><b>Leerdoelen voor de korte termijn</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ik kan verschijnselen verklaren aan de hand van de werking van convectiecellen en daarbij vakbegrippen gebruiken.</li> </ul> <p><b>Succescriteria: de volgende elementen komen voor in de leerling 's beschrijving van convectie</b>        Ik kan uitleggen hoe een convectiecel werkt met gebruik van de begrippen temperatuur en dichtheid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wanneer een vloeistof of gas wordt verwarmd bij constante druk, dan zet het uit.</li> <li>Bij uitzetting van een gas (of vloeistof of vaste stof) neemt de massa per volume (dichtheid) af.</li> <li>Het gas- of vloeistofbel zal dan naar boven bewegen totdat het in een omgeving is met gelijke dichtheid.</li> <li>Wanneer warm gas/vloeistof omhoog beweegt vanwege dichtheidsverschillen, dan komt koeler gas/vloeistof van opzij instromen aan de onderkant.</li> </ul>
<b>Aantal lessen</b>
Eén les

## Fase(n) van de FE-cyclus



Tijdens deze les komen fasen 2 – 5 van de FE-cyclus aan de orde.

### Fase 2

De leerlingen beantwoorden vragen aan de hand van een visueel format. De docent kan in een oogopslag zien wat er goed gaat en welke fouten er (nog) worden gemaakt.

### Fase 3

De docent gaat rond en inventariseert welke fouten er worden gemaakt terwijl de leerlingen de opgave beantwoorden.

### Fase 4 en 5

De docent bespreekt de meest gemaakte fouten in de opgaven. Remediëring kan plaats vinden door peer feedback (leerlingen vergelijken antwoorden en geven elkaar uitleg) en/of door klassikale terugkoppeling door de docent.

## Uitvoering lesactiviteit

### Materialen / hulpmiddelen

- Beamer of schoolbord
- Gevuld aquarium (of groot bekeerglas), druppel inkt, brander OF: Als alternatief kan een YouTube demonstratie vertoond worden: <https://www.youtube.com/watch?v=0mUU69ParFM>
- Kaars en aansteker
- Diverse voorwerpen die kunnen drijven, zweven, of zinken.

### Vorbereiding

- Demonstratiespullen of filmpje op YouTube klaarzetten
- Slide met de vraag klaarzetten
- Eventueel slides met vragen om de voorkennis te activeren

### Lesopzet globaal

1. Introductie: waar gaat de les over?
2. Activeren van voorkennis via vragen over dichtheid.
3. Demonstratie met water en inktdruppel en brander op video of docent demonstratie voor de klas.
4. Concept check als check of leerlingen de stof beheersen.
5. Peer teaching en onderwijsleergesprek.
6. Generaliseren naar andere voorbeelden, vooral in de fysische geografie.

### Lesopzet uitgewerkt

De docent start de les met het leerdoel en het activeren van voorkennis: we gaan na hoe een temperatuurverschil vloeistof en gas in beweging kan brengen en convectie kan veroorzaken. We zoeken uit hoe dat precies in zijn werk gaat.

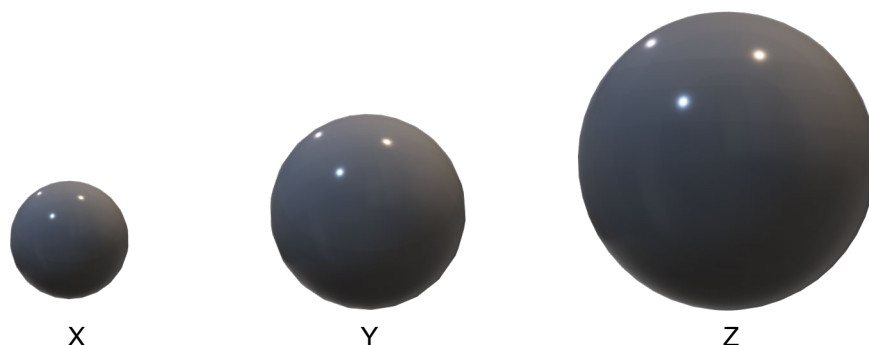
### Activeren voorkennis

Ter activering van de voorkennis rondom drijven en zinken gebruikt de docent een doorzichtige bak of glas water om te laten zien wat er met verschillende voorwerpen gebeurt als die in het water worden gelegd. Bijvoorbeeld een steen, een stukje hout, een gummetje. Hoe zat het ook alweer?

Samen komen docent en leerlingen tot de conclusie: “Het is de dichtheid die bepaalt of voorwerpen drijven of zinken.”

### Diagnostische opgaven klassikaal maken

Met behulp van wisbordjes (of Socrative, of met ogen dicht handopsteken) kan de docent enkele diagnostische vragen stellen over dichtheid. Bijvoorbeeld:



*De massieve bollen X, Y, Z zijn gemaakt van precies hetzelfde materiaal. Welke bol heeft de grootste dichtheid?*

- A.** X    **B.** Y    **C.** Z    **D.** De bollen hebben dezelfde dichtheid.

De docent gaat na wie welke antwoorden heeft en laat enkele leerlingen hun antwoord toelichten voordat hij zelf het antwoord geeft. Na een korte toelichting kan de docent ervoor kiezen om nog een opgave te presenteren ter check of leerlingen het nu allemaal begrijpen. Zie bijlage 1 voor verschillende diagnostische opgaven.

### Demonstratie

De docent laat de demonstratie zien via YouTube of voert zelf een soortgelijke demonstratie uit. Er zijn veel eenvoudige set-up's, bijvoorbeeld door een groot bekersglas met water (500 ml) te verwarmen aan één kant. Vervolgens een druppel inkt toevoegen en convectie wordt snel zichtbaar, maar na enkele minuten ook weer snel onzichtbaar wanneer de inkt zich overal verspreid.

De docent organiseert een onderwijsleergesprek over wat er in verschillende punten van de convectiecel in water plaatsvindt. Hij laat eerst alle leerlingen individueel nadenken, daarna in tweetallen uitwisselen en bespreekt het dan klassikaal.



Vervolgens voert de docent opnieuw een demonstratie uit: convectie bij gassen. Hij steekt een kaars aan en vraagt aan leerlingen: kun je je open hand aan de zijkant houden zonder dat het te heet wordt? (antwoord: ja, geen probleem). Vervolgvraag: kun je je vlakke hand boven de kaarsvlam houden zonder dat het te heet wordt? (Antwoord: nee, tenzij je echt behoorlijk afstand houdt tot de kaarsvlam).

Na deze twee gesloten vragen (ja/nee) laat de docent de leerlingen de conclusie trekken door een leerling de beurt te geven en een andere leerling aan te laten vullen: er gaat iets heets (hete lucht) naar boven.

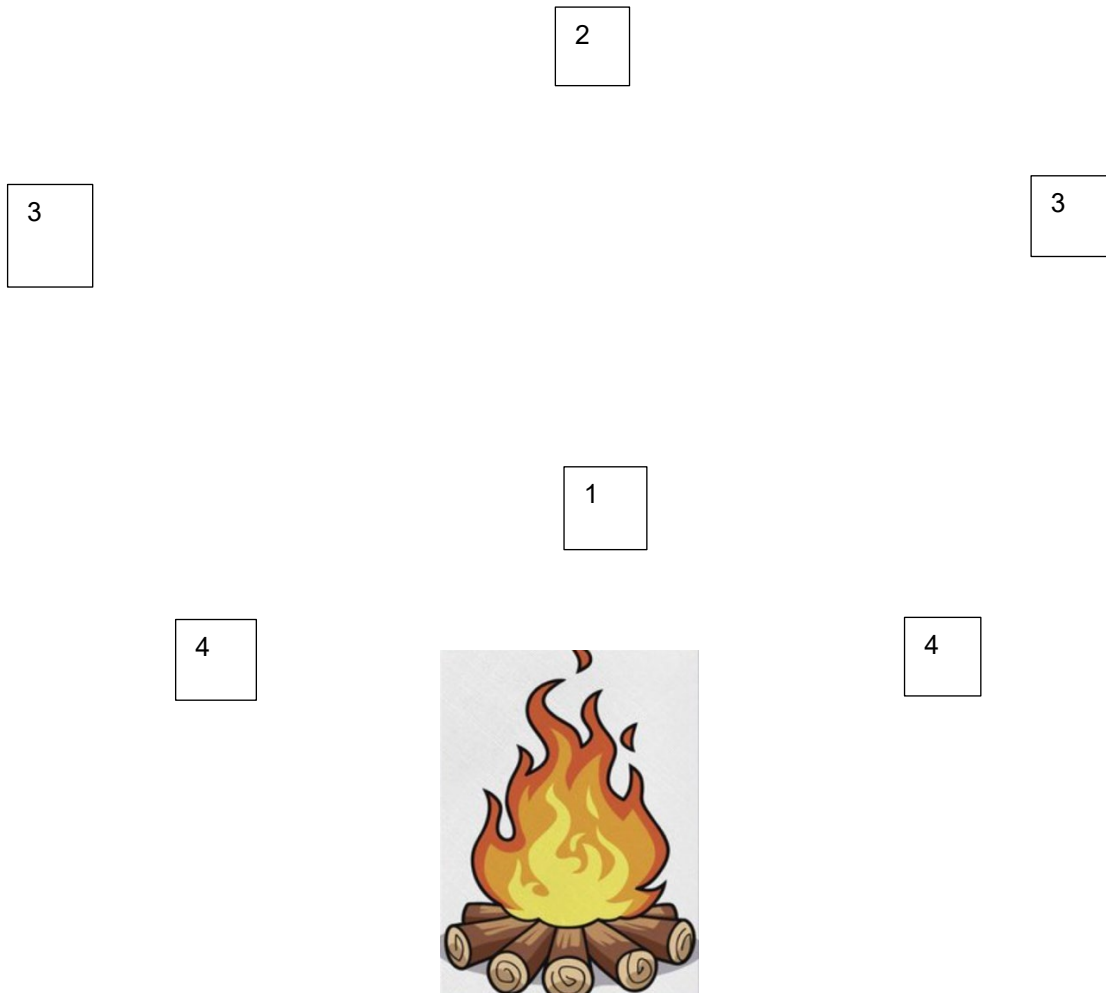
### Concept check

Na de twee demonstraties checkt de docent of de leerlingen de essentie van de twee demonstraties hebben begrepen. Ze krijgen een toepassingsopdracht (zie figuur). Leerlingen worden gevraagd een kampvuur te tekenen, inclusief de circulatie van lucht eromheen met uitleg erbij. Uit de pijlen die leerlingen moeten zetten, blijkt snel of er problemen zijn.

Het voordeel van het visuele format is dat de docent snel kan nagaan in hoeverre leerlingen het hebben begrepen welke vervolgactie passend is. De teksten bij elk van de processen zijn lastiger snel te

checken door de docent. Een alternatief is om bij een eerste gebruik de open antwoorden te verzamelen en daaruit voor later gebruik meerkeuze opties te formuleren.

Figuur



- Geef door pijlen aan in welke richting een volume lucht <sup>2</sup> beweegt op de plekken 1, 2, 3, en 4.
- Beschrijf hieronder waarom de lucht in 1, 2, 3, en 4 in de met pijl aangegeven richting beweegt.

- .....
- .....
- .....
- .....

Een voorbeeld van gewenste antwoorden is:

- De lucht wordt verwarmd door het vuur. De lucht zet uit. De dichtheid neemt dan af. De lucht boven het vuur heeft dan een lagere dichtheid dan de lucht verder van het vuur. Daardoor gaat de lucht (denk aan "luchtbellen") op locatie 1 omhoog.
- De warme lucht van boven het vuur stijgt op en duwt omringende lucht opzij, maar koelt ondertussen ook af totdat het ongeveer dezelfde temperatuur heeft als de omringende lucht. Dan blijft de luchtbel zweven.
- Lucht is opzij geduwd door de opstijgende lucht boven het vuur.
- De lucht bij 1 is opgestegen en die plek wordt weer opgevuld door lucht van opzij. Dus lucht van opzij stroomt toe in de richting van locatie 1 boven het vuur. En daarmee is de cirkel rond.

### Aan de slag met leerlingantwoorden

De docent loopt rond en inventariseert en diagnosticeert in een oogopslag de leerlingantwoorden (fase 3) en beslist dan of er eerst een moment van peer feedback is, waarbij leerlingen elkaar hun antwoorden toelichten, of dat hij direct een klassikaal groepsfeedback-moment inlast (fase 4). Dit is afhankelijk van het type fouten en de hoeveelheid fouten. Bij peer feedback vergelijken leerlingen hun antwoorden en leggen deze uit aan elkaar. In een onderwijsleergesprek ligt de focus op de meest voorkomende fouten die de docent tijdens de rondgang door de klas observeerde. Dit gesprek kan worden vormgegeven met (anonieme) leerlingantwoorden gepresenteerd op het bord. Daarbij kunnen de redeneringen van leerlingen bij de verschillende pijlen toegelicht, aangevuld en verbeterd worden. De docent zorgt ervoor dat hijzelf of een leerling het resultaat duidelijk samenvat.

### Differentiatie en variatie

Leerlingen die de convectievraag goed beantwoord hebben, kunnen door naar toepassingen met opdrachten als: *'Zoek uit en beschrijf hoe convectie werkt in de aardatmosfeer op wereldschaal (Hadley cel)'* of *'Ga na en beschrijf hoe convectie werkt bij een radiator in de huiskamer'*.

Leerlingen die nog moeite hebben met convectie krijgen de opgave de luchtcirculatie te tekenen bij een duinpan of zandvlakte in de duinen en nabij de koele zee midden op een zonnige, zomerse dag en daar wederom bij te schrijven wat er op verschillende punten (duinpan, zee, ertussen in) gebeurt met de lucht. Ook deze opgave vormt een concept check die onmiddellijke diagnose mogelijk maakt.

## Terugblik en tips van de ontwikkelaar

### Reflectie op de aanpak

Enkele sterke punten van deze aanpak zijn:

- Er zijn visuele, praktische demonstraties die de processen zichtbaar maken.
- De feedbackloops met de concept checks maken het mogelijk begripsproblemen direct te ontdekken en nog in dezelfde les aan te pakken.
- Dezelfde convectiecyclus wordt in heel verschillende contexten geïllustreerd en gevisualiseerd.

### Tips voor gebruikers

- Tijdens het snel rondlopen kan een 20 seconden interviewtje van een leerlingen met een afwijkend antwoord veel inzicht geven in leerlingdenkbeelden.
- Aanvullingen voor de onderbouw: beschrijf de Hadley cel vanaf de evenaar tot ongeveer 30° Noorderbreedte.
- Extra vraag voor leerlingen die de stof beheersen: maak de kringloop rond tot de Noordpool en/of: wat voor klimaat tref je aan rond de 30° NB in Afrika? Verklaar je antwoord met de kennis over de Hadley cel

## Noten

<sup>1</sup> In de praktijk kunnen convectiecellen complex zijn door invloeden van wind en zoutgehalte (oceanstromen), fysieke barrières (convectie in huis), draaiing van de aarde (Hadley cells), en andere factoren (platentektoniek). Maar het basisprincipe blijft hetzelfde: warme materie gaat omhoog door een kleinere dichtheid, koudere materie gaat omlaag door een grotere dichtheid.

<sup>2</sup> In plaats van een volume lucht, een luchtbel, zou je een deeltjesuitleg kunnen gebruiken. Maar dan oppassen, bij hogere temperatuur neemt de snelheid van deeltjes toe en daardoor ook de gemiddelde afstand tussen de deeltjes. De deeltjes zelf zetten niet uit, maar de afstand tussen de deeltjes neemt toe.

**Auteur(s)**

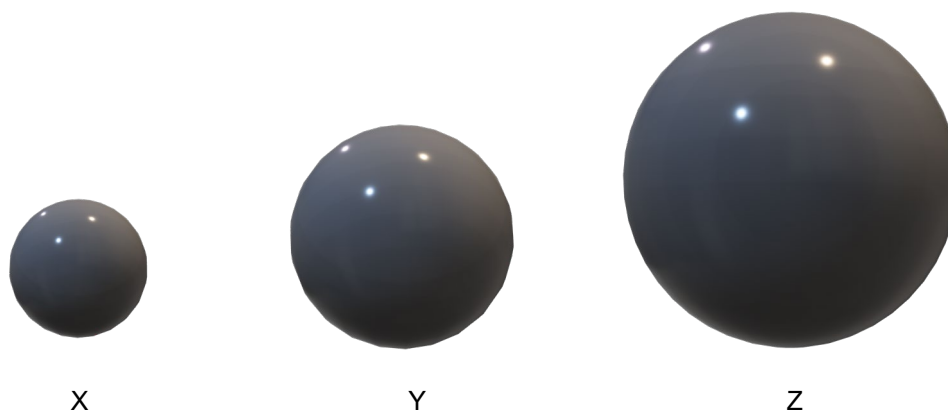
**Naam auteur**

Ed van den Berg werkte ruim veertig jaar als docent en vakdidacticus natuurkunde in Nederland, Indonesië en de Filipijnen. In Nederland was hij verbonden aan de Vrije Universiteit, Universiteit Utrecht, Universiteit van Amsterdam, Hogeschool van Amsterdam en momenteel aan Universiteit Twente. Via lerarenopleidingsprojecten van de VU was hij zeventien jaar werkzaam in Indonesië en de Filipijnen.

## Bijlage 1

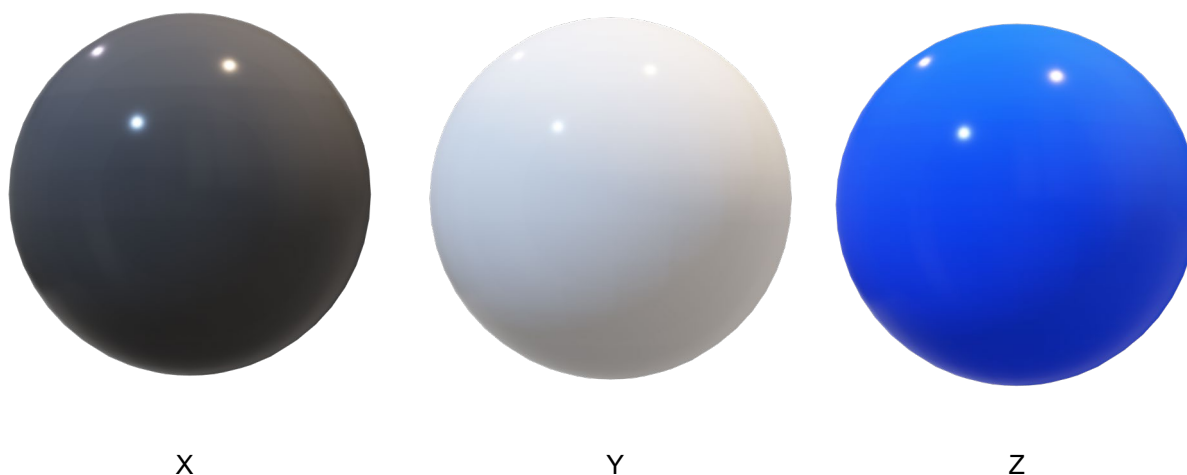
### Diagnostische vragen over dichtheid bij het begin van de les

*Docent maakt een keuze uit deze vragen, passend bij de leerdoelen en succescriteria en het kennisniveau van de leerlingen.*



1. De massieve bollen X, Y, Z zijn gemaakt van precies hetzelfde materiaal. Welke bol heeft de grootste dichtheid?

**B.** X    **B.** Y    **C.** Z    **D.** De bollen hebben dezelfde dichtheid.



2. Drie massieve bollen van verschillende materialen zijn precies even groot. X weegt 50 gram, Y weegt 75 gram, Z weegt 100 gram. Welke bol heeft de grootste dichtheid?

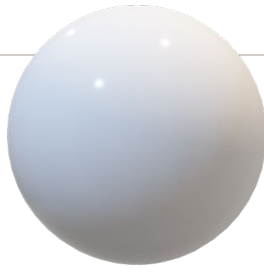
**A.** X    **B.** Y    **C.** Z    **D.** De bollen hebben dezelfde dichtheid

3. We nemen nu de zwarte bol X en verwarmen die. De bol zet uit.

**A.** De dichtheid van bol X wordt groter bij verwarmen.  
**B.** De dichtheid van bol X blijft gelijk bij verwarmen.  
**C.** De dichtheid van bol X wordt kleiner bij verwarmen.



X

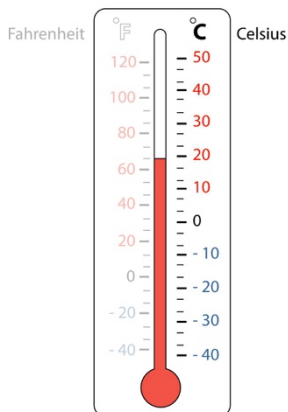
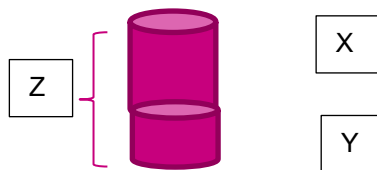


Y



Z

4. We hebben drie massieve bollen X, Y, en Z die elk dezelfde massa hebben. Wanneer we de drie in het water gooien, dan zinkt er een. Welke bol zinkt?  
 A. X    B. Y    C. Z    D. Ze zinken of alle drie of ze drijven alle drie
5. De staaf in figuur Z is gemaakt van ijzer. We zagen de staaf in twee delen, het volume van deel X is 2x het volume van deel Y ( $V_x=2V_y$ ). We vergelijken de dichtheid  $\rho$  van deel X met dat van deel Y. Welke uitspraak is correct?  
 A.  $\rho_x = 2\rho_y$   
 B.  $\rho_x = \rho_y$   
 C.  $\rho_x = \frac{1}{2} \rho_y$



6. Een thermometer is gevuld met roodgekleurde alcohol. Wanneer het warmer wordt, zet de alcohol uit en geeft de rode kolom een hogere temperatuur aan. De dichtheid van de alcohol is:  
 A. toegenomen    B. gelijk gebleven    C. afgenomen

7. Wanneer het kouder wordt, gaat het alcoholniveau omlaag en wordt een lagere temperatuur aangegeven. De dichtheid van de alcohol is:  
 A. Toegenomen    B. gelijk gebleven    C. Afgenomen