**A10 Vuurtornado**

[subtitel]

Onderzoek aan een vernietigende vlam

[onderwerpsymbool Ma]

Tijd

Vanaf 15 minuten

Bereik

Vanaf klas 1

Begrippen: verbranding, impulsmoment, verklaringen testen, experiment ontwerpen, conclusies trekken

[inleidend kader]

Een zeldzaam en desastreus verschijnsel bij bosbranden in warme droge gebieden is een vuurtornado, waarbij een vlam gaat draaien en fors hoger wordt. In het klein is het een spectaculaire demonstratie, die erg geschikt is om kwalitatief te onderzoeken. Zo kun je met suggesties uit de klas erachter komen wat er belangrijk is bij het ontstaan van een vuurtornado. De uiteindelijke verklaring is best ingewikkeld en gaat verder dan de middelbare-schoolnatuurkunde. Eigenlijk is dat ook niet nodig. Het onderzoek naar de mogelijke invloeden is interessant genoeg.

[eind kader]

[A10\_WoS19\_SD\_figuur1; onderschrift]

*De vuurtornado in een draaiende prullenbak.*

[A10\_WoS19\_SD\_figuur2; onderschrift]

*Een aantal spullen die bruikbaar kunnen zijn als je suggesties van leerlingen wilt onderzoeken.*

**Nodig**

Draaiplateau (bijvoorbeeld voor een kaasplankje); vuurvast bakje of asbak; prullenbak met gaatjes (zie afbeelding) of fijn gaas; watten met spiritus; beetje keukenzout; deksel om af te dekken; veiligheidsbril.

Allerlei varianten hierop, bijvoorbeeld kleinere prullenbak (of andere cilinder met gaatjes), huishoudfolie om gaatjes af te dekken, ventilatortjes, kippengaas met grotere gaatjes enzovoorts.

**Voorbereiding**

* Zet de grote opstelling in elkaar.
* Doordrenk de watjes goed met spiritus waaraan eventueel een beetje zout is toegevoegd om de vlam beter zichtbaar te maken.
* Verstop de overige attributen voor de leerlingen.
* Verduister het lokaal voor maximaal showeffect.

**Uitvoering**

Er zijn veel manieren om deze demonstratie uit te voeren. In de beschreven uitvoering ligt de nadruk op onderzoeksvaardigheden en dan met name het onderzoeken van een fenomeen en het testen van verklaringen.

Je kunt starten met een filmpje of foto van een levensechte vuurtornado (‘fire whirl’ in het Engels). Daarna laat je de vuurtornado in het klein zien. Je kunt de leerlingen vervolgens uitnodigen om dit fenomeen te gaan onderzoeken gericht op de vraag: ‘Wat is er nodig om in dit experiment een vuurtornado te laten ontstaan?’ Daarbij kan de conceptcartoon behulpzaam zijn als de leerlingen zelf niet met voldoende suggesties komen. Nodig ze daar expliciet toe uit en inventariseer die duidelijk op het bord. Waarschijnlijk geven sommige leerlingen een suggestie voor een experiment en sommige leerlingen een suggestie voor een verklaring. Bij de eerste groep is het belangrijk dat je vraagt waar de leerling precies achter wil komen. Bij de tweede groep vraag je om een bijbehorend experiment te bedenken. Beide routes naar een experiment zijn belangrijk in de wetenschap en dat kun je dus ook benoemen. Dan bedenk je samen met de klas bij zoveel mogelijk suggesties een experiment om een mogelijke invloed te testen.

[WoS19 CC][onderschrift]

*Deze conceptcartoon kan dienen om de leerlingen op gang te helpen als er weinig bruikbare suggesties uit de klas komen. Bij de getoonde uitspraken kun je ook weer twee kanten op: welke vraag zit achter een uitspraak en welk experiment kun je erbij verzinnen? Overigens hebben al deze personen op de één of andere manier gelijk.*

Met een beetje creativiteit is het eenvoudig om te manipuleren aan deze opstelling, zeker als je nog een paar alternatieve opstellingen tot je beschikking hebt. Enkele mogelijkheden zijn:  
[let op opsoomingstekens]

* geen prullenbak of gaas;
* kleinere diameter voor de prullenbak of het gaas;
* hoger gaas bij dezelfde diameter;
* afgesloten gaatjes (bijvoorbeeld met huishoudfolie);
* afgesloten gaatjes op verschillende hoogtes;
* andere draaisnelheid;
* stilstaande vlam en draaiende prullenbak of gaas;
* ventilatortjes in plaats van prullenbak of gaas, die steeds iets naast de vlam staan gericht.

Je kunt nu een aantal gesuggereerde perimenten ook uitvoeren en dan steeds bespreken, waarbij de nadruk ligt op het trekken van een conclusie die klopt met de waarnemingen. Vaak zal dit weer tot vervolgvragen leiden; iets om expliciet te benoemen als manier waarop de natuurwetenschap ook te werk gaat. Op die manier is de empirische cirkel bijna rond: bij een mogelijk belangrijke factor wordt een experiment bedacht, waarbij er steeds een duidelijke verwachting is. Het experiment wordt uitgevoerd en uit de waarnemingen wordt een conclusie getrokken over de invloed van de betreffende factor.

Tot slot kun je nog aandacht besteden aan het waarom van het doen van wetenschap. In ieder geval zijn twee redenen langsgekomen: nieuwsgierigheid en het belang om het ontstaan van zo’n vuurtornado te begrijpen in verband met de veiligheid van brandweerlieden. Zeker als de leerlingen enthousiast hebben meegedaan met het geven van suggesties, dan kun je de vraag stellen of alle (natuur)wetenschap nuttig moet zijn.

**Natuurkundige achtergrond**

Er zijn twee waarnemingen die we willen verklaren:

1. De vlam wordt hoger;
2. De vlam krijgt een zichtbare vortex, ook als de brandende watjes zelf stil staan.

De tweede waarneming is het eenvoudigst te verklaren. Ter plaatse van de prullenbak wordt de lucht meegetrokken en krijgt daardoor een draaibeweging ten opzichte van het midden (de vlam). De vlam zuigt lucht aan, waardoor deze naar binnen spiraliseert. Bij het naar binnen bewegen neemt de hoeksnelheid toe vanwege behoud van impulsmoment. De convectie in en boven de vlam zorgt voor het uitrekken hiervan in een omhooglopende spiraal.

Het groter worden van de vlam wordt nog niet volledig begrepen. Het roteren van de lucht heeft invloed op de turbulentie rond de vlam en daarmee op de zuurstoftoevoer. Hoe die koppeling exact werkt is deels nog onverklaard. Ook dit feit biedt een goede mogelijkheid om daarover van gedachten te wisselen.

**Tips**

De vlam is erg gevoelig voor tocht (bijvoorbeeld ten gevolge van centrale afzuiging), dus test de demo uit op de plek waar je hem ook echt gaan uitvoeren.

De leerlingen worden al snel erg enthousiast van deze demonstratie. Zorg dat je zoveel mogelijk experimentjes en varianten hebt voorbereid. Dan haal je het maximale uit dit experiment.

**Veiligheid**

Zorg voor adequate blusmiddelen (brandblussers, deksel, deken etc.), die geschikt zijn voor vloeistof- en vaste-stofbranden (A en B). Natuurlijk zet je een veiligheidsbril op.

Probeer in alle rust allerlei experimentjes uit en laat je niet verleiden om in de klas iets te gaan doen dat je niet hebt voorbereid.

[begin kadertje]

De coverfoto van het boek is gemaakt door de vlam te kleuren en de watjes naast elkaar te leggen. De groene kleur is gemaakt met boorzuur opgelost in methanol en de rode kleur is gemaakt met een oplossing van strontium-chloride in methanol. Deze variant is niet zo geschikt in de klas vanwege het gewenste gebruik van de zuurkast.

[einde kadertje]

Misschien voor de site

Als mogelijke antwoorden op de vraag kunnen de figuren op de conceptcartoon het volgende opmerken:

De draaiing is het belangrijkste;

De draaiende cilinder om de vlam heen is het belangrijkste;

De grootte van de cilinder is belangrijk;

De hoogte van de cilinder is belangrijk;

Wat denk jij?

Opmerking: het blijkt nog best lastig om hier een concept-cartoon van te maken (ondanks mijn optimisme woensdag). Eigenlijk zijn alle bovenstaande uitspraken op de één of andere manier waar.