

Een afgesloten kolf bevat een kleurloze oplossing. Bij krachtig schudden wordt de oplossing blauw. Even later trekt de blauwe kleur weg en wordt de oplossing weer kleurloos. Het proces kan een flink aantal keren worden herhaald.

DEMO uitgelicht Een rubriek voor TOA's en docenten

DE BLAUWE FLES

De zogenoemde 'blauwe fles' is een eenvoudige proef die zowel in de onderbouw als in de bovenbouw bruikbaar is. Als demonstratieproef vormt hij vaak een onderdeel van 'chemagie'-shows. Hij wordt soms gebruikt op open dagen.

De magie van de proef spreekt vooral jongere leerlingen aan. Ook leerlingen in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs en zelfs studenten aan de universiteit blijken echter geboeid te raken door de proef wanneer deze wordt aangeboden als een open onderzoeksoverdracht. De waargenomen verschijnselen roepen de behoefte op tot verklaring ervan.

De proef is in de Verenigde Staten klassiek. Hij heeft vooral bekendheid gekregen door een artikel van Campbell (1963) hierover in het Journal of Chemical Education. Campbell bepleitte een vroegtijdige introductie van de concepten reactiemechanisme en reactiesnelheid. De 'blauwe fles' bood volgens hem goede mogelijkheden om deze concepten te illustreren. Het artikel van Campbell geeft goed aan hoe je samen met leerlingen hypothesen over het mechanisme kunt ontwerpen en die hypothesen kunt toetsen.

Bij rondvragen in onze netwerken van scheikundedocenten bleek dat de proef niet overal in Nederland bekend is. Dit is de aanleiding tot dit artikel. Een tweede aanleiding is dat er de laatste tijd interessante varianten van de klassieke proef zijn gepubliceerd, waaronder een zogenoemde 'groene' variant. Groene reacties gebruiken minder chemicaliën en produceren dus ook minder afval. In dit geval is de groene variant ook veiliger dan de klassieke proef, omdat niet wordt gewerkt met geconcentreerde loog. Daarom is hij geschikter als leerlingproef. Deze variant is gepubliceerd in het Journal of Chemical Education van mei 2003. De auteurs zijn Whitney Welman en Mark Noble. Whitney was nog scholier toen zij allerlei mogelijke varianten van de blauwe fles onderzocht en deze groene variant ontwikkelde. Zij kreeg voor dit project medewerking van haar school en financiële ondersteuning van de universiteit waar Mark Noble werkt.

UITVOERING KLASSIEKE DEMONSTRATIEPROEF

Vorbereiding: Maak een oplossing van 0,05 g methyleenblauw in 50 cm³ ethanol. Dit geeft een 0,1% oplossing. Weeg 8 g vast KOH af (of 6 g vast NaOH) in een erlenmeyer of andere afsluitbare kolf van een liter. Voeg water toe tot het volume ca. 300 cm³ is. (Of gebruik geconcentreerde loog en verdun die; de eindconcentratie moet ca. 0,5 M zijn). Voeg 10 g glucose toe en schud tot alles goed is opgelost. Voeg dan 5 cm³ toe van de methyleenblauw-oplossing. Geen van de hoeveelheden hoeft precies te worden afgemeten. Je krijgt een blauwe oplossing die in enkele minuten kleurloos wordt. Zet een stop op de kolf.

Uitvoering: Schud de kolf krachtig. Houd om veiligheidsredenen (de loog is immers geconcentreerd) bij het schudden de stop op de kolf. De kleur van de inhoud van de kolf wordt dan blauw. Na het schudden verdwijnt de blauwe kleur weer, in ca. 30 sec. Bij langer schudden duurt het langer tot de kleur is verdwenen.

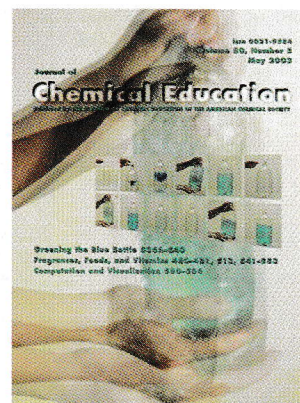
NB. Het kleureffect wordt minder na ca. twintig keer schudden. Na enkele uren wordt de inhoud van de kolf geel en zijn bij schudden geen kleurveranderingen meer te zien.

UITVOERING GROENE LEERLINGENPROEF

Vorbereiding: Zet klaar: vitamine C in poedervorm (ascorbinezuur; geen tabletten!); oplossing van methyleenblauw in ethanol (5%); keuzenzout; kopersulfaatoplossing (1,6%) en een plastic fles (van water of softdrink, schoongemaakt en zonder etiket). Zorg ook voor een markeerstift of markeertape en voor een stopwatch of een horloge met een secondenwijzer.

Uitvoering:

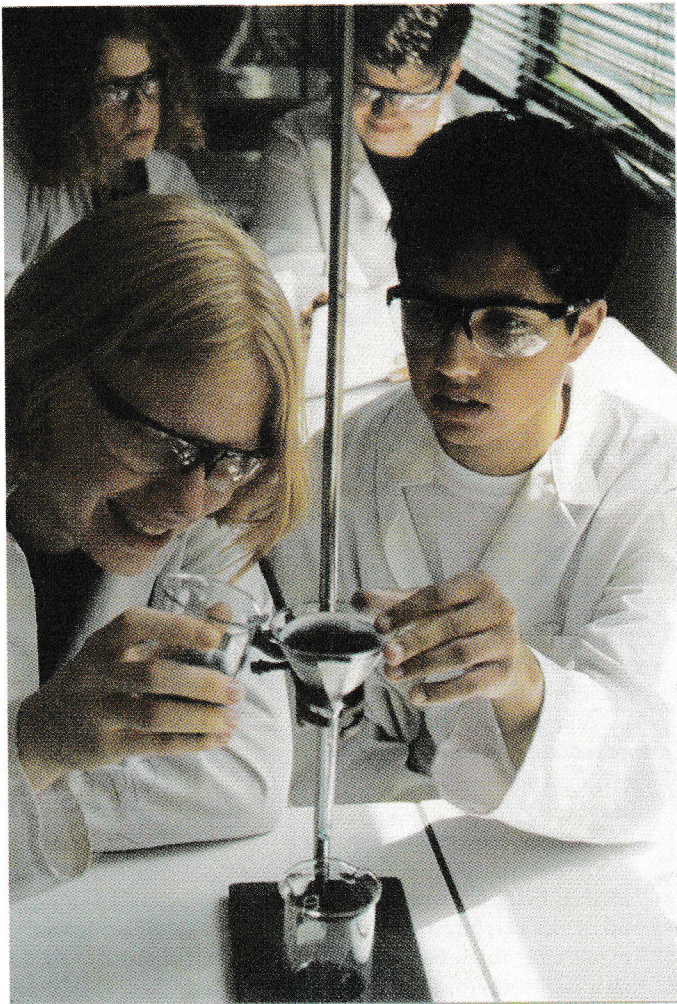
1. Vul de plastic fles voor ca. tweederde met water uit de kraan. Markeer het waterniveau buitenop de fles met een markeerstift of met tape. Vul de fles elke keer als je de proef herhaalt (al of niet met variaties) tot dit niveau.
 2. Voeg toe: één gladgestreken maatlepeltje (5 mL) vitamine C in poedervorm; 4 druppels methyleenblauw-oplossing (schud deze oplossing voor je de druppels toevoegt); en een halve gladgestreken maatlepel (2,5 mL) keuzenzout.
 3. Doe de dop op de fles en schud goed om alles op te lossen.
 4. Doe de fles weer open en voeg $\frac{1}{4}$ maatlepeltje (1,25 mL) koper(II)sulfaatoplossing toe.
 5. Draai de dop er weer stevig op. Schud de fles 20 seconden. Noteer je waarneming over de kleur van de oplossing (kijk van opzij door de fles heen).
 6. Laat de fles 5-6 minuten staan. Wat gebeurt er met de kleur? Kijk nu goed naar het oppervlak van de vloeistof; is de kleur daar hetzelfde als in de rest van de vloeistof?
 7. Herhaal stap 5 en 6 enkele keren; je docent zal aangeven hoe vaak. Noteer elke keer je waarnemingen.
- Figuur 2 geeft weer wat aan het oppervlak van de vloeistof is te zien.



Figuur 1. Omslag van het mei-nummer van Journal of Chemical Education 2003. Hierop staat een fotoserie over de uitvoering van de 'groene' variant met als achtergrond een fotografische impressie van het schudden van de fles.



Figuur 2. Het oppervlak van de ontkleurde oplossing blijkt bij zorgvuldige inspectie blauw te zijn.



Figuur 3. Deze leerlingen hadden een lichte neerslag waargenomen bij het schudden van de oplossing. Ze onderzoeken nu wat er gebeurt als je de oplossing filtreert.

SUGGESTIES VOOR VERVOLGONDERZOEK

Deel A: Wat gebeurt er als je vitamine C of koper(II)sulfaat weglaat? Noteer je waarnemingen. Laat één ingrediënt tegelijk weg, dus niet allebei tegelijk.

Deel B: Wat gebeurt er als je de hoeveelheden van de ingrediënten verandert? Hoe kun je een diepere blauwe kleur krijgen? Hoe kun je ervoor zorgen dat de blauwe kleur sneller verdwijnt? Verander slechts één hoeveelheid tegelijk. Hierdoor kun je gemakkelijker nagaan hoe elk van de ingrediënten het resultaat beïnvloedt.

THEORIE

Bij de klassieke demonstratieproef treedt (uiteindelijk) glucose op als reductor en (uiteindelijk) zuurstof als oxidator in een sterk basische oplossing. Bij toevoeging van methyleenblauw aan de glucose-oplossing in het begin reduceert glucose de blauwe vorm van methyleenblauw, MB^+ , tot de leukovorm, MBH_2^+ , waardoor de oplossing kleurloos wordt. Door schudden komt er zuurstof in oplossing. Hierdoor oxideert MBH_2^+ tot het blauwe MB^+ . In een relatief langzame reactie reduceert MB^+ weer een volgende portie glucose en wordt daarbij zelf weer omgezet in de leukovorm. Bij opnieuw schudden volgt weer dezelfde reactiecyclus. De oxidatieproducten van glucose kleuren na enige tijd de vloeistof geel.

De reactie kan ook uitgevoerd worden met andere suikers en met andere redoxindicatoren (stoffen die in gereduceerde vorm een andere kleur hebben dan in geoxideerde vorm). De artikelen van Cook e.a. (1994) en Vadaveer e.a. (1997) in de literatuurlijst geven hiervoor een aantal suggesties.

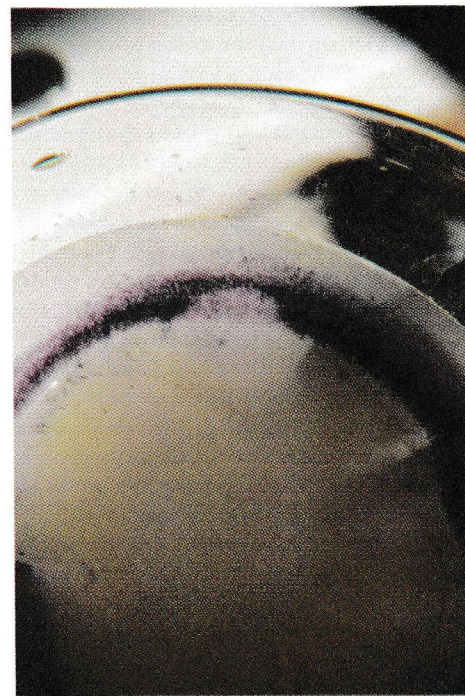
Bij de groene variant is ascorbinezuur de (uiteindelijke) reductor. Een

groot voordeel van deze variant is dat de reactie veel veiliger kan worden uitgevoerd, namelijk bij een pH van ongeveer 3 in plaats van in sterke loog. Een nadeel is wel dat methyleenblauw bij deze pH een naar groenblauwe neigende kleur heeft die minder spectaculair is dan de diepblauwe kleur in basisch milieu. Het is essentieel om zuiver, poedervormig ascorbinezuur (vitamine C) te gebruiken. Dit is onder andere in reformwinkels verkrijgbaar. Tabletten vitamine C bevatten vulmiddelen en andere additieven, die ongewenste complicaties opleveren bij de proef, zoals troebeling door neerslagvorming.

DIDACTISCHE TIPS

1. Van veel belang is dat de leerlingen niet weten dat zuurstof een essentiële reactant is. Het zelf ontdekken daarvan is een belangrijk deel van de charme van de proef. In de praktijk betekent dat men de proef om het jaar kan doen, en zelfs dan moet de leerlingen na de ontsluiting van 'het geheim van de blauwe fles' dringend worden verzocht om dit niet door te vertellen aan volgende generaties.
2. De proef kan uitgevoerd worden als open onderzoek, maar er is wel veel begeleiding bij nodig om de leerlingen niet al te lang op doodlopende sporen te laten hangen. Zie figuur 3 en 4.
3. Daag de leerlingen uit om een hypothese te ontwerpen voor een mechanisme dat de kleurverandering kan verklaren en vervolgens experimenten te bedenken om die hypothese te toetsen. Laat het mechanisme niet in chemische termen formuleren (formules), maar in letters (A, B, C, D, E en/of X, Y, Z).

Figuur 4. Bij filtreren van de ontkleurde oplossing ontstaat bovenin het filter een paars-blauwe rand; onder het vloeistofoppervlak blijft het filterpapier wit.



4. Veel voorkomende hypothesen zijn de volgende. Voor al deze hypothesen kunnen experimenten ter weerligging worden bedacht.
 - a. Door schudden voeg je energie toe aan de reactie, daardoor gaat hij lopen.
 - b. Er zit iets aan de stop waardoor het blauw wordt.
 - c. Er zijn twee lagen die je door het schudden mengt.
 - d. De stap van blauw naar kleurloos is dezelfde als die van kleurloos naar blauw, het is dus een evenwichtsreactie.
 - e. Als je vaker schudt krijg je meer van het blauwe tussenproduct en daarom duurt het dan langer voordat de blauwe kleur wegtrekt.
 - f. Het mechanisme bestaat uit twee stappen die op elkaar volgen.

VEILIGHEID

Natuurlijk moet bij uitvoering van de proef een bril worden gedragen.

De klassieke demonstratieproef moet in een afsluitbare kolf worden

uitgevoerd. Uitvoering in een bekeerglas geeft grotere kans op geknoei met loog. Stevig schudden is dan niet goed mogelijk. Geschikt zijn erlenmeyers met rubber stop of plastic flessen met schroefdop. In beide gevallen is bij het openen van de kolf merkbaar dat er onderdruk is ontstaan door het verbruik van zuurstof. Plastic flessen van slap materiaal kunnen zelfs vervormen door de door het zuurstofverbruik ontstane onderdruk, als de schroefdop niet wordt geopend tijdens de reactie. Als de reactie wordt uitgevoerd in een plastic fles, kan deze niet meer voor eten en drinken worden gebruikt. Methyleenblauw heeft weliswaar medische toepassingen, maar er zijn daarbij soms bijwerkingen geconstateerd. Ook koper(II)zouten zijn niet geschikt voor menselijke consumptie. Overigens worden zowel methyleenblauw als koper(II)zouten in dierenwinkels verkocht voor gebruik in aquaria.

Bij de klassieke demonstratieproef moet het reactiemengsel worden geneutraliseerd voor het wordt afgevoerd. x

NOOT

Leerlingen- en docentenhandleidingen voor zowel de klassieke proef als de 'groene' versie zijn te vinden op NVOX-digitaal, www.nvon.nl/nvox/. Kies daar in het menu links 'digitale NVOX'. De handleiding van de klassieke proef is een bewerking van die van Engerer en Cook (1999). Hun handleiding is gericht op eerstejaarsstudenten, maar waarschijnlijk ook goed bruikbaar voor 5/6 vwo. Hun docentenhandleiding laat goed zien hoe het ontwerpen van een mechanisme in klassenverband zou kunnen lopen en hoe hypothesen over het mechanisme van de reactie in verband kunnen worden gebracht met waarnemingen. De handleiding van de 'groene' versie is de bewerking van een werkblad uit het Journal of Chemical Education (Noble, 2003). Deze handleiding is waarschijnlijk al bruikbaar in de middenbouw van het voortgezet onderwijs.

LITERATUUR

- Campbell, J.A. (1963). Kinetics - Early and often. *J. Chem. Educ.* 40, 578-583.
- Cook, A.G., Tolliver, R.M. & Williams, J.E. (1994). The Blue Bottle Revisited. *J. Chem. Ed.* 71, 160-161.
- Engerer, S.C. & Cook, A.G. (1999). The Blue Bottle Reaction as a General Chemistry Experiment on Reaction Mechanisms. *J. Chem. Educ.* 76, 1519-1520.
- Lister, T. (1995). *Classical Chemistry Demonstrations*, pp. 48-49. Londen: Royal Society of Chemistry.
- Noble, M.E. (2003). Out of the Blue. *J. Chem. Ed.* 80, 536A-536B.
- Summerlin, L.R. & Ealy, J.J.L. (1988). *Chemical Demonstrations: A Sourcebook for Teachers, Volume I*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press.
- Vandaveer, W.R. & Mosher, M.J. (1997). The Blue Bottle Revisited. *J. Chem. Ed.* 74, 402.
- Wellman, W.E. & Noble, M.E. (2003). Greening the Blue Bottle. *J. Chem. Ed.* 80, 537-540.

Biologie en Poëzie

Hierbij treft u enige gedichten van de hand van Ton Langelier uit Oostkapelle. Het was Marianne Offereins die mij daarop attent maakte. Misschien heeft u in uw vakantie ook een dichter ontmoet? Stuur dan de verzen naar m.bruinvels@wanadoo.nl.

NOVEMBER

De roze roos
in haar
natte winterbed

zij heeft
haar
laatste zomerhoedje
opgezet

MIJN DUBBELGANGER

Het lui-paard heeft

trouw aan
zijn aard

veel
van haar

dubbel zijn

bewaard



GOEROE

De leerling

met de leer omhangen

raakt in het gouden web gevangen

ZOALS DAT GAAT

met prikkeldraad

Het schaap met jeuk
stond doodleuk
zich urenlang te schuren.

Nu hangt die waslijn vol
met vers gesponnen schapenwol

uit: *Wie weet*
Gedichten voorbij de afgrond

De illustratie is een kindertekening (van John, 11 jaar) van de website <http://web.ukonline.co.uk/conker/artscentre/gallery-archive.htm>