

Altijd durende bewegingen

Aardig voorbeeld bij een chemisch evenwicht

Het dynamisch karakter van een chemisch evenwicht goed laten landen bij de leerling blijft altijd weer een uitdaging voor de docent. Allereerst geeft het feit dat een reactie niet volledig verloopt al een probleem. Dat een reactie heen én weer terug kan verlopen, maakt het moeilijker – en dat er tussen die twee reacties zich een evenwicht kan instellen, nog meer. Maar dat beide reacties nog steeds verlopen, ook als het evenwicht zich heeft ingesteld, dat is vaak een brug te ver.

Er zijn allerlei didactische hulpmiddelen om het dynamisch karakter van een chemische reactie te laten zien. Een fraaie manier, tenminste als de docent goed met een klas overweg kan, is de ‘proppen papier-methode’. Verdeel een klas in twee ongelijke hoeveelheden leerlingen. Laat de kleinste groep leerlingen twintig propjes papier maken. Op het sein van de docent gooien ze die propjes zo snel mogelijk naar de andere groep leerlingen. Die grotere groep leerlingen wordt geactiveerd zo snel mogelijk de propjes terug te gooien. Zo gaan de propjes steeds heen en weer tussen beide groepen. Na een minuut stopt het gooien van propjes op een teken van de docent en

het aantal propjes papier wordt in beide groepen geteld. Zodra de docent het toestaat start het gooien over en weer van de propjes en na een vaste tijd stopt die weer. Steeds worden de propjes papier in beide groepen geteld. De tellingen komen op het bord te staan. Wat blijkt? Na enige tijd is er een min of meer constante verdeling van de propjes papier over beide groepen. Er is evenwicht bereikt, ondanks dat het gooien van de propjes over en weer doorgaat. Een aardig voorbeeld van een dynamisch evenwicht. Maar is er ook een chemisch voorbeeld van een dynamisch evenwicht? In Duitsland (Eilks, 2016) gebruiken ze al jaren een experiment met een zure ionenwis-

selaar die positieve ionen kan binden, waarbij protonen vrijkomen. Een voorbeeld van het evenwicht met natrium als positief ion is: $XH + Na^+ \rightleftharpoons Xa + H^+$ (vergelijking 1). Hierin is X de ionenwisselaar.

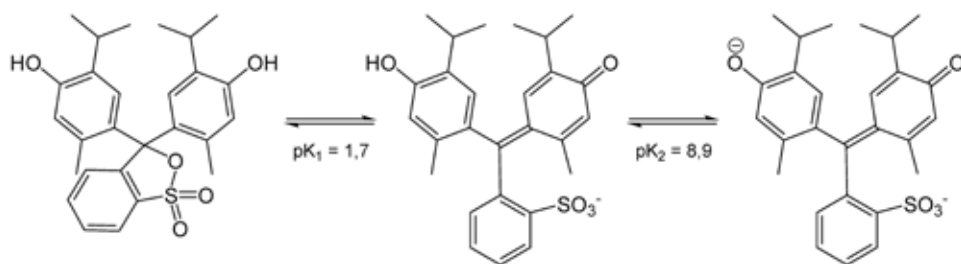
Het experiment

Nodig

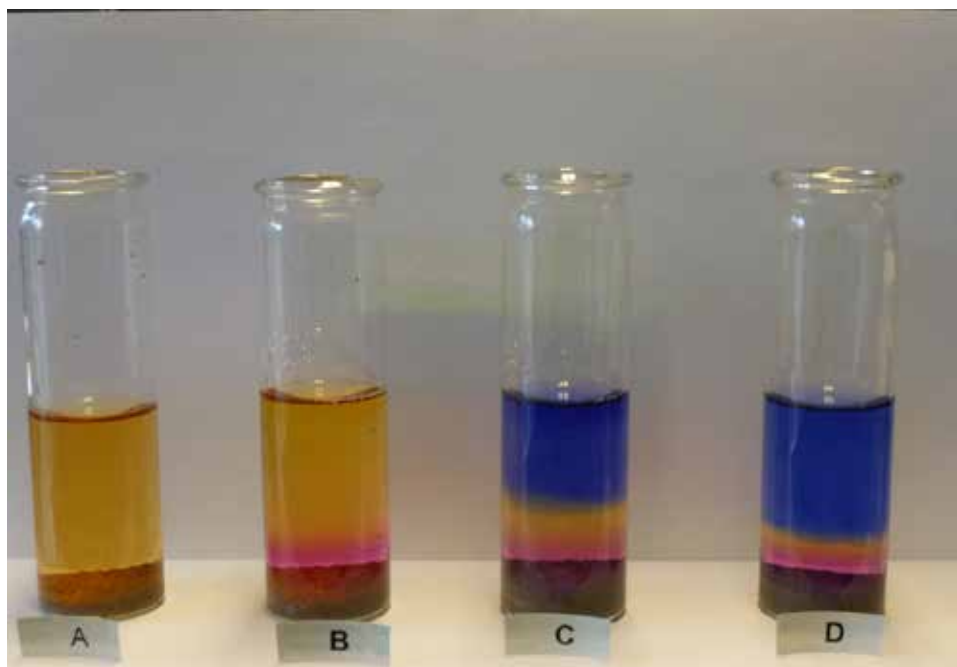
- 4 reageerbuisen of smalle, hoge glazen
- glazen roerstaaf
- pH-meter
- ionenwisselaar, amberlyst 15(H)
- natriumchloride
- thymolblauw (w/v 0,2% in ethanol)
- 0,2 M natriumhydroxideoplossing
- gedemineraliseerd water

Voorschrift

- 1 Breng 1 g van de zure ionenwisselaar in de buis. Vul de buis voor ongeveer de helft met demiwater. Voeg 20 druppels thymolblauwoplossing toe. De oplossing kleurt geelbruin (figuur 2A). Meet de pH en noteer deze.
- 2 Voeg aan de oplossing in de buis 2 g natriumchloride toe. Dichtbij de ionenwisselaar verandert de kleur naar rood (figuur 2B). Roer de oplossing en de kleur van de gehele oplossing wordt rood. Meet de pH en noteer deze.
- 3 Voeg vervolgens aan de buis druppelsgewijs 0,2 M natriumhydroxideoplossing toe tot de oplossing intensief blauw blijft voor tweederde van het bovenste gedeelte van de buis. Sluit de buis met een kurk en houd deze al draaiend horizontaal tot de vloeistof geheel blauw is geworden. Laat de buis een poosje staan. De ionenwisselaar bevindt zich weer onderin de buis en daarboven kleurt de oplossing intens rood en na enige tijd verandert de kleur in oranje, dan geel en ten slotte blauw (figuur 2C).
- 4 Roer met de roerstaaf de suspensie in de buis. Nu verdwijnt de blauwe kleur geheel.



Figuur 1. Structuur en kleur van thymolblauw bij verschillende zuurgraad. V.l.n.r. rood, geel en blauw.



Figuur 2. De buizen met verschillende kleuren. A. Alleen amberlyst en thymolblauwoplossing; B. na toevoeging van natriumchloride; C. na toevoeging van natriumhydroxideoplossing en het opnieuw instellen van het evenwicht; D. aan het eind van het experiment als bijna alle protonen van de ionenwisselaar zijn vervangen.

De oplossing direct boven de ionenwisselaar blijft rood; de rest van de oplossing wordt geelbruin.

Meet de pH en noteer deze.

5 Voeg druppelsgewijs nog wat extra natrium-hydroxideoplossing toe tot de oplossing in het bovenste gedeelte van de buis blauw blijft. Zwenk de buis enkele malen. Dezelfde kleurverdeling zoals in stap 3 zichtbaar werd, verschijnt opnieuw.

Roer, meet de pH en noteer deze.

6 Het proces zoals in punt 5 beschreven kan verschillende keren worden herhaald. De intensiteit van de rode kleur net boven de ionenwisselaar wordt steeds iets minder na iedere herhaling en het volume aan natriumhydroxideoplossing dat nodig is om het zuur te neutraliseren wordt steeds kleiner (figuur 2D). Uiteindelijk zal de gehele oplossing blauw van kleur blijven.

Meet de pH en noteer deze.

Veiligheid

Natriumhydroxideoplossingen zijn corrosief!

Discussie

In het begin is de vloeistof boven de ionenwisselaar niet rood gekleurd, omdat er nog

geen natriumchloride is toegevoegd. Er zijn nog geen natriumionen die protonen kunnen vrijmaken van de ionenwisselaar. Zodra natriumchloride is toegevoegd komen er protonen vrij waardoor de oplossing dicht bij de ionenwisselaar rood kleurt. De toevoeging van het zout zorgt voor een nieuwe instelling van het evenwicht, zie vergelijking 1. Door roeren zullen de vrijgekomen protonen over de gehele vloeistof verdeeld worden; de kleur van de oplossing is uiteraard afhankelijk van de zuurgraad (zie figuur 2).

Door toevoeging van de natriumhydroxideoplossing worden de protonen in oplossing geneutraliseerd. Overmaat aan hydroxide zorgt voor een basische zuurgraad, waardoor de oplossing blauw kleurt. Toevoeging van natriumhydroxide zorgt echter ook voor een toename van natriumionen! En deze kunnen protonen van de ionenwisselaar verdringen of, in andere woorden, het evenwicht (vergelijking 1) verschuift weer. Nieuwe protonen vormen zich net boven de ionenwisselaar. De langzame diffusie van protonen in de oplossing zorgt voor een pH-gradiënt door de oplossing totdat de oplossing weer wordt gemengd.

Deze cyclus kan wel tot zeven keer herhaald

Deze cyclus kan wel tot zeven keer herhaald worden

worden. Voor het experiment zijn slechts 1 g amberlyst en ongeveer 24 mL 0,2 M natriumhydroxideoplossing nodig.

Als tot slot bijna alle protonen van de ionenwisselaar zijn vervangen en geneutraliseerd, blijft de oplossing bijna geheel blauw na toevoeging van een kleine hoeveelheid base (figuur 2D).

De demonstratie kan ook als leerlingenproef uitgevoerd worden. Dan zijn gewone reageerbuizen voldoende. ●

BRONNEN

- Eilks, I. and Gulacar O. (2016). A Colorful Demonstration to Visualize and Inquire into Essential Elements of Chemical Equilibrium. *J. Chem. Educ.* 2016. (93). 1904-107.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Thymol_blue