

PEOE-voorbeeld bij zuren

pH en $[H^+]$ sterk zuur versus zwak zuur

Begrippen: pH, pH-indicatorpapier, pH-meter, concentratie (verdund/geconcentreerd), molariteit, sterk zuur versus zwak zuur, oplossen in water, ioniseren, moleculen, ionen, chemisch evenwicht en verschuiving daarvan.

Niveau: Leerjaar 4 havo¹/vwo

Zowel waterstofchloride als azijnzuur (ethaanzuur) lost goed op in water. In water kunnen de moleculen opsplitsen in een H^+ -ion (dat met H_2O samen H_3O^+ vormt) en een negatief ion Cl^- of CH_3COO^- . In deze reactie geven beide moleculen elk één H^+ af. Dan zou je toch verwachten dat 0,1 mol/L oplossingen van beide zuren dezelfde H^+ -concentratie hebben, en dus ook dezelfde pH, of niet soms? Docent en leerlingen kunnen daar verschillend over denken. De demonstratie volgt de PEOE (Predict-Explain, Observe-Explain)-didactiek en geeft ruim gelegenheid tot redeneren met chemische begrippen.

Leerdoelen en misconcepties

De reden voor deze demonstratie is om leerlingen te confronteren met hun eigen misconcepties en de begrippen sterk/zwak zuur en relatie met H^+ -concentratie (verdund/geconcentreerd) en pH, molariteit, en ionisatie in oplossing aan te scherpen. Men kan onder andere de volgende misconcepties verwachten:

- Zuren met dezelfde molariteit hebben dezelfde pH en $[H^+]$;
- Alle zuren (ook zwakke zuren) splitsen in water volledig in H^+ en het zuurrest-ion;
- Een zwak zuur is hetzelfde als een verdund (sterk) zuur²;
- Sterke zuren hebben een hogere $[H^+]$ dan zwakke zuren onafhankelijk van molariteit (denk aan 0,0001M HCl vergeleken met 1M

CH_3COOH);

- Sterke zuren hebben meer waterstof (H-atomen) in de molecuulformule (denk aan H_2SO_4).

De demonstratie is zeer geschikt als startpunt van een les over sterke en zwakke zuren en adresseert de eerste twee misconcepties. De overige misconcepties kunnen met soortgelijke demonstraties worden aangepakt.

Benodigheden

- Een bekersglasje met een 0,1 mol/L HCl oplossing.
- Een bekersglasje met een 0,1 mol/L CH_3COOH oplossing.
- Een pH-meter of pH indicatorpapier voor pH meting.

Procedure

De demonstratie volgt het stappenplan van de PEOE en dient als voorbeeld van PEOE-didactiek.

Stap 1

De docent zet de bekersglasjes op de tafel, tekent ze op het bord, schrijft de inhoud en molariteit erbij en stelt de centrale vraag aan alle leerlingen: *We willen graag de pH en de concentratie H^+ in deze oplossingen meten/bepalen. Hoe kunnen we dat doen?* Er volgt een onderwijsleergesprek waarbij de docent leerlingen willekeurig kiest. Leerlingen kunnen bijvoorbeeld antwoorden met een pH-indicatorpapier, een pH-meter of een geleidbaarheidsmeter (conductometer). Een enkeling antwoordt misschien met een titratie. Of dat kan, adresseren we in de website-versie van dit artikel.

Let op: pH is niet hetzelfde als $[H^+]$, het is $-\log[H^+]$ dus een bewerking. Bij een concentratie van 10^{-3} mol H^+ per liter krijgen we $-\log$

$10^{-3} = -(-3) = 3$, bij een *hogere* concentratie van 10^{-1} mol H^+ per liter krijgen we $-\log 10^{-1} = -(-1) = 1$ en dus een *lagere* pH.

Stappen 2 predict en 3 explain

Opgave voor leerlingen die individueel op papier of digitaal moet worden beantwoord: Wat kun je zeggen van de $[H^+]$ van een 0,1 mol/L waterstofchloride-oplossing en een 0,1 mol/L azijnzuuroplossing?

- De $[H^+]$ in de waterstofchloride-oplossing is kleiner dan de $[H^+]$ in de azijnzuuroplossing.
 - De $[H^+]$ van beide oplossingen is gelijk.
 - De $[H^+]$ in de waterstofchloride-oplossing is groter dan de $[H^+]$ in de azijnzuuroplossing.
- Want

En:

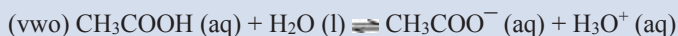
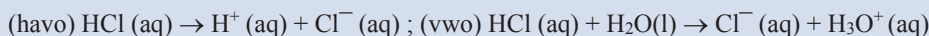
We bepalen de $[H^+]$ met een pH-meter. Bedenk dat een grotere $[H^+]$ een kleinere waarde van de pH oplevert. We meten de pH van een 0,1 mol/L waterstofchloride-oplossing en een 0,1 mol/L azijnzuuroplossing. Wat zal het resultaat zijn?

- De pH van de waterstofchloride-oplossing is kleiner dan die van de azijnzuuroplossing.
- De pH van de waterstofchloride-oplossing is gelijk aan de pH van de azijnzuuroplossing.
- De pH van de waterstofchloride-oplossing is groter dan de pH van de azijnzuuroplossing.

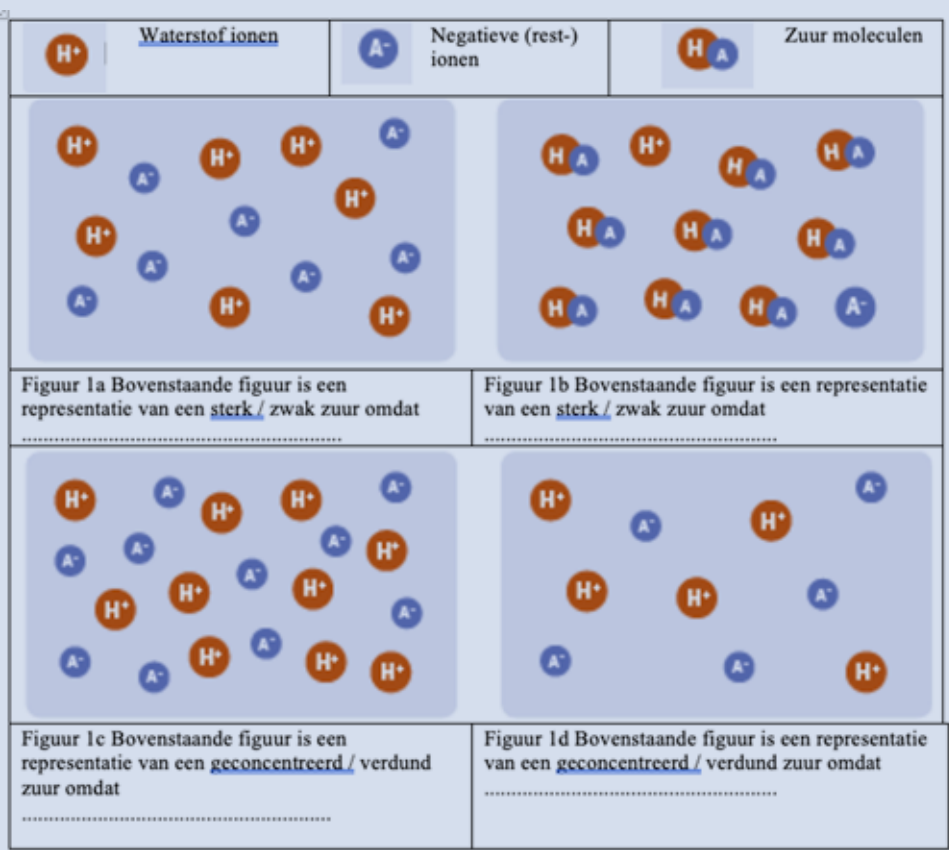
Want

Stap 4

De docent inventariseert snel de antwoorden door langslopen, stemmen, of digitaal en presenteert een neutrale samenvatting aan



Inventarisatie reacties.



Tips voor gebruikers

- In plaats van de pH van de verschillende oplossingen te meten, kan ook het geleidingsvermogen gemeten (en voorspeld!) worden.
- Twee geschikte virtuele labs (apps) bij dit onderwerp zijn 'pH-schaal' (macro-schaal) en 'Oplossingen van zuren en basen' (micro-schaal).
- 'PH-schaal' <https://phet.colorado.edu/nl/simulation/ph-scale-basics> geeft de mogelijkheid om van oplossingen van verschillende stoffen de pH te meten, te verdunnen en extra oplossing toe te voegen. 'Oplossingen van zuren en basen' <https://phet.colorado.edu/nl/simulation/acid-base-solutions> laat het verschil in splitsingsgraad zien tussen sterke en zwakke zuren en basen. De concentraties van zuur en base kunnen worden gevarieerd en de pH en geleidbaarheid kunnen worden gemeten.
- Het onderdeel titratie en verschuiven van het (protolys)evenwicht kan (voor havo) weggelaten worden, of later behandeld worden.
- Deze les kan uitgebreid worden met het behandelen van de juiste notatie van een oplossing van een sterk zuur (volledig gesplitst; havo: $\text{H}^+ \text{(aq)} + \text{Z}^- \text{(aq)}$ en vwo: $\text{H}_3\text{O}^+ \text{(aq)} + \text{Z}^- \text{(aq)}$) en een oplossing van een zwak zuur (niet volledig gesplitst; HZ (aq)). Correctiemodellen van examens laten ook H^+ en Z^- toe. ●

de leerlingen opdat ze doorkrijgen dat er verschillende meningen en argumenten zijn in de klas. Laat leerlingen zelf hun voorspellingen toelichten.

Stap 5 observe

De pH-metingen laten een duidelijk verschil zien. Wat is de pH van de waterstofchloride-oplossing en dus de $[\text{H}^+]$? Wat is de pH van de azijnzuuroplossing en dus de $[\text{H}^+]$?

Stap 6 explain

Leerlingen bespreken in duo's hoe dit uit te leggen is, eventueel als tip geven om de begeleidende tekst van de vragen nog eens goed te bekijken.

Stap 7 samenvatting

De docent inventariseert reacties van enkele leerling-duo's en laat leerlingen(-duo's) op

elkaar reageren. Ten slotte geeft de docent een complete samenvatting.

Ondanks dat azijnzuur goed oplost in water, splitsen niet alle azijnzuurmoleculen in H^+ ionen en CH_3COO^- ionen.

In beide oplossingen is 0,1 mol HCl of 0,1 mol CH_3COOH gedaan en aangevuld met water tot 1 liter eindvolume. In water splitsen alle HCl-moleculen, maar niet alle CH_3COOH -moleculen splitsen. Wat we 'meten' is de $[\text{H}^+]$ en de $-\log[\text{H}^+]$. Als niet alle azijnzuur moleculen splitsen, dan zal in de azijnzuuroplossing de $[\text{H}^+]$ kleiner zijn dan in de waterstofchloride-oplossing. En dus zal de $-\log[\text{H}^+]$ in de waterstofchloride-oplossing lager zijn (vanwege het - teken bij de log) dan in de azijnzuuroplossing en dit resulteert in een lagere pH. In een plaatje ziet dat er als volgt uit (figuur 1).

NOTEN

1. Het CE-deel van het havo-examenprogramma omvat geen evenwichten van zwakke zuren, evenwichten algemeen zijn wel opgenomen in het SE-deel.
2. Een veel voorkomende misconceptie bij leerlingen is dat een zwak zuur hetzelfde is als een verdund (sterk) zuur. Ze verwarren de mate van splitsing van het zuur en het aantal deeltjes per volume-eenheid van een bepaalde soort. Dit probleem kan aan de orde gesteld worden door eerst de pH (of het geleidingsvermogen) van ijsazijn (zuiver ethaanzuur) te meten/bepalen en vervolgens dat te doen van 1M salpeterzuur en 1M azijnzuur.
3. Op het centraal examen hoeft de fase alleen vermeld te worden als daar expliciet naar wordt gevraagd.