

PEOE sterk zuur versus zwak zuur

Vak
Scheikunde
Leerjaar / sector
Leerjaar 4 / havo/vwo
Context
<p>In dit lesvoorbeeld staat het demonstreren volgens de PEOE-didactiek centraal: <i>Predict-Explain, Observe-Explain</i>, waarbij de leeractiviteiten formatief zijn vormgegeven. Zowel waterstofchloride als azijnzuur (ethaanzuur) lossen 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? Leraar en leerlingen kunnen daar verschillend over denken. Leerlingen wisselen hun observaties, argumenten en opgedane kennis uit en construeren zo gezamenlijk conclusies.</p>
Leerdoelen
<p>Leerdoelen voor de lange termijn Ik kan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • redeneren met begrippen als sterk zuur – zwak zuur, molariteit, $[H^+]$ ($[H_3O^+]$), pH, reacties van een zuur met water, (verschuiven van een) chemisch evenwicht; • de juiste notatie gebruiken voor sterke zuren en voor zwakke zuren. <p>Leerdoelen voor de korte termijn Ik kan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • onderscheid maken tussen (goed) oplossen en ioniseren; • de verschillen in $[H^+]$ in equimolaire (hetzelfde aantal mol) oplossingen van zwakke en sterke zuren verklaren; • de verschillen in pH in equimolaire oplossingen van zwakke en sterke zuren verklaren. <p>Succescriteria Ik kan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • correct voorspellen dat de $[H^+]$ van equimolaire oplossingen van een sterk zuur groter is dan van een zwak zuur en geef een correcte verklaring; • correct voorspellen dat bij equimolaire oplossingen de pH van een oplossing van een sterk zuur kleiner is dan de pH van een oplossing van een zwak zuur; • uitleggen dat titratie (met een sterke base) van een sterk zuur of een zwak zuur met dezelfde molariteit eenzelfde resultaat kan hebben doordat het (protolyse)-evenwicht (afgeven/afsplitsen van een H^+) $HZ \rightleftharpoons H^+ + Z^-$ naar rechts verschuift.
Misconcepties
<p>De reden voor het opnemen van deze demonstratie in de lessenreeks is om leerlingen te confronteren met hun eigen misconcepties en de begrippen sterk/zwak zuur en relatie met H^+ concentratie</p>

(verdund/geconcentreerd) en pH, molariteit, en ionisatie in oplossing aan te scherpen. Het kan daarbij om de volgende misconcepties gaan:

- 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) zuur¹;
- 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 zowel zeer geschikt als:

- startpunt van een les over sterke en zwakke zuren en adresseert de eerste twee misconcepties. De overige misconcepties kunnen met soortgelijke PEOE-demonstraties worden aangepakt.
- tussenactiviteit wanneer de leraar misconcepties vast heeft gesteld.

Aantal lessen

Een lesuur

Fase(n) van de FE-cyclus



Tijdens deze les komen alle fasen van de FE-cyclus aan de orde. In deze les begint de cyclus kort met fase 1, het benoemen van de leerdoelen zonder daar diep op in te gaan en de uitkomst van het experiment weg te geven. De succescriteria komen gedurende de demonstratie aan bod. Verder komen achtereenvolgens aan bod: fase 2, het uitlokken van reacties van leerlingen, die reacties worden ter plekke gediagnosticeerd (fase 3) en teruggekoppeld naar leerlingen (fase 4) en geremedieerd (fase 5), zodat aan het einde van de les teruggekomen wordt op leerdoel en succescriteria en geëvalueerd wordt waar leerlingen nu staan.

Uitvoering lesactiviteit

Materialen / hulpmiddelen

- Een bekerglasje met een 0,1 mol/L HCl oplossing.
- Een bekerglasje met een 0,1 mol/L CH_3COOH oplossing.
- pH meter voor de meting (voorkeur) of desnoods indicator papier.

Vorbereiding

- De oplossingen klaarzetten.
- pH meter klaarzetten.

¹ 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.

- Vragen op de beamer of op de achterkant van het bord.

Lesopzet globaal

- De leraar geeft een korte inleiding en introduceert de leerdoelen zonder de resultaten van het experiment weg te geven.
- De leraar vraagt dan de leerlingen om de $[H^+]$ en de pH van de twee oplossingen te voorspellen en het antwoord te onderbouwen (predict – explain). Dat gebeurt individueel op papier of eventueel via een digitaal medium zoals Socrative.
- De leraar leidt een onderwijsleergesprek over voorspellingen en verklaring.
- De leraar meet de pH en herhaalt de meting, totdat allen het eens zijn over de observatie (observe).
- De leerlingen proberen in duo's (denken-delen-uitwisselen) de observatie te verklaren (explain).
- De leraar leidt een onderwijsleergesprek over de verklaringen.
- De leraar formuleert de conclusie en geeft de nodige toelichting op het (digi)bord.
- De leraar stelt enkele controlevragen waarbij opnieuw fasen 2 – 5 doorlopen worden.
- (Optioneel) De leraar leidt een onderwijsleergesprek over waarom titratie bij zwakke zuren NIET tot de correcte $[H^+]$ leidt.

Lesopzet uitgebreid

Toelichting

Het is van belang dat leerlingen het verschil zien/begrijpen tussen (goed) oplossen en ioniseren. Misconcepties spelen hier vaak een belangrijke rol. Alhoewel het onderwerp 'klein' lijkt is de impact van het begrip 'sterk en zwak' juist groot. Als leerlingen het onderscheid tussen een sterk zuur en een zwak zuur niet kunnen maken c.q. begrijpen, kunnen ze ook het concentratiebegrip, de molariteit, de pH en juiste notatie van sterke en zwakke zuren in reactievergelijkingen niet begrijpen/goed doen. Het is dus in die zin van fundamenteel belang dat leerlingen dit goed begrijpen voor het vervolg m.b.t. zuren en basen.

Fase 1 en 2: Introduceren van leerdoelen en uitlokken van leerlingreacties

Stap 1 observe: De leraar zet de bekersglasjes op de tafel, tekent ze op het bord, schrijft de inhoud en molariteit erbij. De leraar begint de les met de centrale vraag aan alle leerlingen: we willen graag de concentratie H^+ in deze oplossingen meten/bepalen. Hoe kunnen we dat doen? De leraar benoemt dat dit ook het leerdoel van de les is, zonder heel diep op het leerdoel en de succescriteria in te gaan. Er volgt een onderwijsleergesprek waarbij de leraar leerlingen at random aan het woord laat (bijvoorbeeld namen willekeurig kiezen met lollipop sticks). Een enkeling zal misschien antwoorden met een titratie (dat kan niet want door titratie verschuift het evenwicht en verandert de concentratie die je wilt meten, eventueel aan de orde stellen in stap 8). Maar als je het heel snel wil bepalen? Dan kun je een pH meter of pH indicator papiertje gebruiken.

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 via Socrative moet worden beantwoord:

Wat kun je zeggen van de $[H^+]$ van een 0,1 mol/L waterstofchlorideoplossing en een 0,1 mol/L azijnzuuroplossing?

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

Want
 (reden voor het gekozen antwoord).

En: we bepalen de $[H^+]$ door middel van een pH meting met behulp van de pH meter. Bedenk dat een grotere $[H^+]$ een kleinere waarde van de pH oplevert. We meten de pH van een 0,1 mol/L waterstofchlorideoplossing en een 0,1 mol/L azijnoplossing. Wat zal het resultaat zijn?

- A. De pH van de waterstofchlorideoplossing is kleiner dan die van de azijnzuuroplossing.
- B. De pH van de waterstofchlorideoplossing is gelijk aan de pH van de azijnzuuroplossing.
- C. De pH van de waterstofchlorideoplossing is groter dan de pH van de azijnzuuroplossing.

Want
 (reden voor het gekozen antwoord).

Fase 4 Communiceren van resultaten

Stap 4 De leraar inventariseert snel de antwoorden door langslopen/stemmen of met behulp Socrative en presenteert een samenvatting daarvan aan de leerlingen, opdat ze doorkrijgen dat er verschillende meningen en argumenten zijn in de klas. De leraar stelt zich daarbij dus neutraal op ten opzichte van de meningen/argumenten.

Fase 2 Uitlokken van leerlingreacties

Stap 5 observe

De pH metingen laten een duidelijk verschil zien. Wat is de pH van de waterstofchlorideoplossing en dus de $[H^+]$? Wat is de pH van de azijnzuuroplossing en dus de $[H^+]$? Dat komt wellicht anders uit dan veel van jullie hebben voorspeld.

Fase 2 en 4 Uitlokken van reacties en communiceren van resultaten

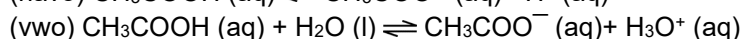
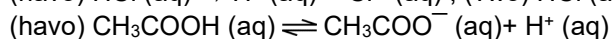
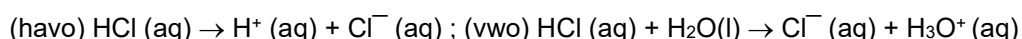
Stap 6 explain

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

Fasen 4 en 5 Communiceren van resultaten en passende vervolgvacties nemen

Stap 7 samenvatting

De leraar inventariseert reacties van enkele leerlingduo's en laat leerlingen(duo's) op elkaar reageren (speelt de leerlingantwoorden door naar andere duo's om er op te reageren). Wanneer de ideeën uiteindelijk voldoende geconvergeerd zijn, geeft de leraar een complete samenvatting, waarbij uiteraard leerlinghulp kan worden ingeroepen bij de correcte formulering van reactievergelijkingen (de leraar kan bewust foutjes maken die moeten worden ontdekt door leerlingen).



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

In beide oplossingen wordt 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 $[H^+]$ en de $-\log[H^+]$. Als niet alle azijnzuur moleculen splitsen, dan zal in de azijnzuuroplossing de $[H^+]$ kleiner zijn dan in de waterstofchlorideoplossing. En dus zal de $-\log[H^+]$ in de waterstofchlorideoplossing kleiner zijn (vanwege het - teken bij de log) dan in de azijnzuuroplossing.

In een plaatje ziet dat er als volgt uit (zie figuur 1)

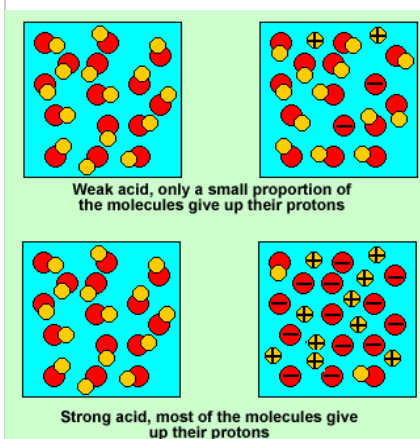


Figure 1 Sterke en zwakke zuren

Fase 2-5 (optioneel)

Dit is een uitbreiding van het (oorspronkelijke) leerdoel. Dit gaat meer over het verschuiven van een evenwicht (bij een zwak zuur), waardoor zo'n bepaling met een titratie niet mogelijk is.

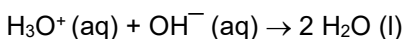
Kun je de $[H^+]$ concentratie in een 0,1 mol/L waterstofchlorideoplossing bepalen door middel van een titratie (met een sterke base)? En, kun je op vergelijkbare wijze de $[H^+]$ bepalen van een 0,1 mol/L azijnzuuroplossing? Motiveer je antwoorden.

De leraar gaat rond en inventariseert antwoorden.

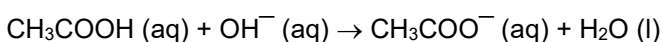
Terugkoppeling van antwoorden in onderwijsleergesprek.

Samenvatting van uitleg.

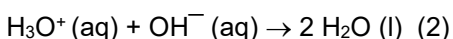
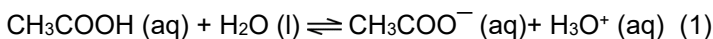
Voor de titratie van de waterstofchlorideoplossing geldt:



Voor de titratie van de azijnzuuroplossing geldt:



Of in twee opeenvolgende stappen:



Let op, bij een titratie (met een sterke base) zal het evenwicht (1) van de splitsing van azijnzuur in ionen naar rechts verschuiven doordat één van de reactieproducten, de H^+ , voortdurend wordt weggenomen. Uiteindelijk krijgen we hetzelfde resultaat als voor waterstofchloride. Je kunt met een titratie dus NIET de $[H^+]$ bepalen van de zwak zuur oplossing, maar wel de molariteit van de oplossing (het aantal mol zuur dat in 1 L opgelost is). De molariteit van de 0,1 mol/L waterstofchlorideoplossing is gelijk aan de molariteit van de 0,1 mol/L azijnzuuroplossing, namelijk beiden 0,1 M. De $[H^+]$ van beide oplossingen is niet gelijk.

Terugkomen op fase 1 Verhelderen van leerdoel en succescriteria

Hier komt de leraar terug op het leerdoel en benoemt dus de succescriteria. De leraar legt uit wat leerlingen moeten kennen en kunnen met gebruik van bovenstaand voorbeeld. A.d.h.v. een paar controle (meerkeuze)vragen kan de leraar betrekkelijk snel achterhalen of de leerlingen het begrepen hebben. Door leerlingen een exit card te laten invullen met "wat ik nog moeilijk vind is"; of "wat ik nog niet nog niet begrijp is" krijgt de leraar tips voor de volgende les.

Differentiatie en variatie

Leerlingen die de betreffende leerdoelen al beheersen, kunnen een uitdagende rekenopgave doen of hun klasgenoten helpen.

Terugblik en tips van de ontwikkelaar

Reflectie op de aanpak

- De voorgestelde didactische benadering is Predict – Explain – Observe – Explain (PEOE) waarbij in fase 2 individuele voorspellingen worden uitgelokt met stemmen of Socrative, Het experiment zorgt voor cognitieve dissonantie tussen voorspelling en observatie, en die wordt opgelost in fase 4 en 5 en pas daarna is het zinvol om succescriteria te expliciteren.
- In de bètavakken wordt het leersucces vaak gehinderd door sterke en vaak onbewuste misconcepties van leerlingen. De PEOE-strategie helpt leerlingen zich bewust te worden van de eigen concepties en die te confronteren met resultaten uit experimenten. Zolang leerlingen zich nog niet bewust zijn van de eigen misconcepties, dringen leerdoelen en succescriteria nog niet door. Vandaar dat we eerst dat cognitieve conflict creëren en pas aan het eind van de cyclus de succescriteria verhelderen.
- Deze aanpak kan zowel met een demonstratiepracticum als met een leerlingenpracticum uitgevoerd worden.

Tips voor gebruikers

- In plaats van de pH van de verschillende oplossingen te meten, kan ook het geleidingsvermogen gemeten 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 (protolyse) evenwicht kan (voor havo) eventueel weggelaten worden, of in een later stadium aan de orde gesteld worden.
- Deze les kan uitgebreid worden met het behandelen van de juiste notatie van een oplossing van een sterk zuur (volledig gesplitst; havo: $H^+(aq) + Z^-(aq)$ en vwo: $H_3O^+(aq) + Z^-(aq)$) en een oplossing van een zwak zuur (niet volledig gesplitst; HZ (aq))

Auteur(s)

Naam auteur

Emiel de Kleijn is leerplanontwikkelaar scheikunde bij de SLO en organisator van o.a. Scheikundeolympiade. Leontine de Graaf is docente scheikunde aan Het Noordik in Almelo en lerarenopleider bij Universiteit Twente. Ed van den Berg is vakdidacticus natuurkunde en lerarenopleider.