

Van chemisch experiment tot wiskundig model

Peer-reviewed author version

GUEDENS, Wanda & REYNDERS, Monique (2008) Van chemisch experiment tot wiskundig model. In: NVOX: Tijdschrift voor Natuurwetenschappen op School, 33(2). p. 46-48.

Handle: <http://hdl.handle.net/1942/8106>

Wanda Guedens en Monique Reynders

Universiteit Hasselt, België

Van chemisch experiment tot wiskundig model

Hoe chemie en wiskunde elkaars maatje worden

Data-analyse komt neer op het zoeken naar onderlinge verbanden. Aan de hand van een wiskundig model kan je algemene uitspraken en/of voorspellingen doen. Met dit artikel willen de auteurs aantonen dat leerlingen gemeten data in een leerlingenpracticum chemie tijdens de les wiskunde kunnen verwerken tot een wiskundig model. Data die zich hier goed toe lenen zijn metingen bekomen uit titraties.

We gaan van start met een les chemie!

De beginsituatie

Maleïnezuur is de triviale naam van cis-butenezuur. Maleïnezuur is goed oplosbaar in water.

[hier in de buurt figuur nr. 1 plaatsen; titratie_reactie.jpg; onderschrift:]

Figuur 1. Titratiereactie van een maleïnezuur oplossing met een natriumhydroxide oplossing.

De titratie van een onbekende maleïnezuur oplossing met een gekende natriumhydroxide oplossing is een toepassing van zuur-base titratie van een zwak diprotisch zuur met een sterke basische oplossing (figuur 1).

Voor dit practicum moet je wel beschikken over een basiskennis van rekenen met het grafisch rekentoestel TI 83/84 Plus™. Van je leerkracht krijg je de nodige informatie om ook met de TI 83/84 Plus te meten.

Je registreert pH-metingen met een Vernier pH Sensor™ die via de CBL2™ datalogger gekoppeld is aan het grafisch rekentoestel. Let er wel op dat het programma DataMate™ toegevoegd is aan de toepassingen in het rekentoestel. De pH Sensor is een Ag-AgCl combinatie elektrode met een meetbereik van 0 tot 14 pH eenheden.

Het practicum

Je werkt met een gestandaardiseerde 0,0001 mol/L natriumhydroxide oplossing en 100 mL maleïnezuur oplossing met onbekende concentratie. De buret vul je met de basische oplossing, in een bekersglas doe je de zure oplossing en met de nodige voorzichtigheid steek je de pH Sensor in de zure oplossing. Als je DataMate start zal het programma de pH Sensor detecteren als de koppeling pH-sensor - CBL2 - rekentoestel op een correcte manier gebeurd is. Bij elke titratiepunt geef je het toegevoegd volume van de basische oplossing manueel in. Tijdens de registratie van de metingen zie je de titratiecurve eerst 'groeien' naar het eerste equivalentiepunt en dan naar het tweede equivalentiepunt. Hieruit kan je concluderen dat maleïnezuur een diprotisch zwak zuur is. DataMate slaat voor jou de meetresultaten standaard in L1 en L2 (lijsten) op zodat je deze zeker niet verloren bent na het afsluiten van het

programma DataMate. Deze lijsten zijn een ideale tool voor het verder analyseren van de meetresultaten. In lijst L1 vind je het toegevoegd volume basische oplossing terwijl in L2 de pH meetresultaten worden opgeslagen. Verder zal je zien dat wij deze lijsten veranderd hebben in lijst VOL voor het toegevoegd volume en lijst PH voor de pH waarden. Van deze meetresultaten kan je zelf grafische voorstellingen maken waarbij je meerdere curven op één scherm van je grafisch rekentoestel kan laten verschijnen wat de analyse van de meetresultaten zeker bevordert.

Analyse van de meetresultaten

Uit een (VOL, PH) grafiek kan je de concentratie van de maleïnezuur oplossing afleiden uit één van de twee equivalentiepunten (figuren 2 en 3).

[hier in de buurt figuur nr. 2 plaatsen; G_PH_VOL_1.jpg; onderschrift:]

Figuur 2. (VOL, PH) grafiek met aanduiding eerste equivalentiepunt.

[hier in de buurt figuur nr. 3 plaatsen; G_PH_VOL_2.jpg; onderschrift:]

Figuur 3. (VOL, PH) grafiek met aanduiding tweede equivalentiepunt.

Wij stellen voor het tweede equivalentiepunt te nemen om de onbekende concentratie van maleïnezuur te berekenen omdat een duidelijkere pH-sprong bij het tweede equivalentiepunt waar te nemen is (figuur 2). Uit het gekende volume zure oplossing, de gekende concentratie van de NaOH oplossing en het gemeten toegevoegde volume NaOH oplossing bij het tweede equivalentiepunt bereken je met de titratieformule ($c_{\text{OH}^-} \cdot V_{\text{OH}^-} = c_{\text{H}^+} \cdot V_{\text{H}^+}$) de concentratie van het zwakke zuur. Is de concentratie van de maleïnezuur oplossing gekend dan heb je genoeg gegevens verzameld om ook nog de evenwichtsconstanten van het zwakke zuur te berekenen.

En nu over naar de les wiskunde!

De beginsituatie

Door het verloop van de (VOL, PH) grafiek te traceren heb je tijdens de les chemie gezocht naar de equivalentiepunten, EP1 en EP2. Werken met de TI83/84 Plus laat toe een dergelijke curve verder te analyseren en op een 'wiskundige' manier de equivalentiepunten vast te leggen. Met je data opgeslagen als 'lijsten' in het rekentoestel ga je daarom naar de wiskundeles voor verdere verwerking. Zijn de begrippen eerste en tweede afgeleide van een functie voor jou bekend, maar deze van numerieke gegevens een onbekend terrein dan is het verwerken van meetgegevens uit een chemie experiment een ideale kans om hiermee kennis te maken.

Verwerken van lijsten

In het menu voor het bewerken van lijsten kan je met 7:ΔLijst (het verschil maken tussen de opeenvolgende meetpunten (figuur 4).

[hier in de buurt figuur nr. 4 plaatsen; BEWERKEN_LIJSTEN.jpg; onderschrift:]

Figuur 4. Bewerken van lijsten.

Met de formule $\Delta\text{Lijst(PH)}/\Delta\text{Lijst(VOL)}$ kan je de numerieke afgeleide van de meetresultaten stockeren in de lijst DC (figuren 5a en 6a).

[hier in de buurt figuur nr. 5a plaatsen; TABEL_VOL_PH_DC_1.jpg; onderschrift:]

Figuur 5a. Lijst numerieke afgeleide van (VOL, PH) curve in het eerste equivalentiepunt.

[hier in de buurt figuur nr. 5b plaatsen; G_PH_DC_VOL_1.jpg; onderschrift:]

Figuur 5b. Grafische aanduiding van het eerste equivalentiepunt met de eerste afgeleide.

[hier in de buurt figuur nr. 6a plaatsen; T_VOL_PH_DC_2_300_28_11_07.jpg; onderschrift:]

Figuur 6a. Lijst numerieke afgeleide van (VOL, PH) curve in het tweede equivalentiepunt.

[hier in de buurt figuur nr. 6b plaatsen; G_PH_DC_VOL_2.jpg; onderschrift:]

Figuur 6b. Grafische aanduiding van het tweede equivalentiepunt met de eerste afgeleide.

Waar zich de equivalentiepunten bevinden merk je op dat de numerieke afgeleide een maximale waarde bereikt (figuren 5a,5b en figuren 6a,6b). Je kan zelfs nog verder gaan en de numerieke tweede afgeleide berekenen met de formule $\Delta\text{Lijst(DC)}/\Delta\text{Lijst(VOL)}$ en stockeren in de lijst DDC (figuren 7a en 8a).

[hier in de buurt figuur nr. 7a plaatsen; TABEL_VOL_PH_DDC_1.jpg; onderschrift:]

Figuur 7a. Lijst numerieke afgeleide van (VOL, DC) curve in het eerste equivalentiepunt.

[hier in de buurt figuur nr. 7b plaatsen; G_PH_DDC_VOL_1.jpg; onderschrift:]

Figuur 7b. Grafische aanduiding van het eerste equivalentiepunt met de tweede afgeleide.

[hier in de buurt figuur nr. 8a plaatsen; TABEL_VOL_PH_DDC_2.jpg; onderschrift:]

Figuur 8a. Lijst numerieke afgeleide van (VOL, DC) curve in het tweede equivalentiepunt.

[hier in de buurt figuur nr. 8b plaatsen; G_PH_DDC_VOL_2.jpg; onderschrift:]

Figuur 8b. Grafische aanduiding van het tweede equivalentiepunt met de tweede afgeleide.

Van de meetresultaten die overeenstemmen met de respectievelijke equivalentiepunten tot de eerstvolgende meetresultaten maakt de numerieke tweede afgeleide een grote sprong. De methode die hier gehanteerd wordt, is een goede wiskundige benadering voor het bepalen van de equivalentiepunten van een titratiecurve maar een volledige beschrijving van de curve is minder opportuun omdat je rekening moet houden met de dimensie van de lijsten voor het uitzetten van de grafieken. Met de gehanteerde formules $\Delta\text{Lijst(PH)}/\Delta\text{Lijst(VOL)}$ en $\Delta\text{Lijst(DC)}/\Delta\text{Lijst(VOL)}$ hebben de lijsten DC en DDC telkens een element minder. Voor het weergeven van de grafieken waarbij telkens op de x-as de lijst VOL wordt uitgezet, zijn de dimensies van de lijsten verschillend. Voor het uitzetten van de (VOL, PH) grafiek en de (VOL, DC) grafiek op één scherm moet je dus de eerste waarde van de lijst PH verwijderen (figuur 5b en 6b). Een tweede waarde moet je verwijderen om de (VOL, PH) grafiek en (VOL, DDC) grafiek op één scherm te laten verschijnen (figuren 7b en 8b).

Conclusie

Via de voorgestelde onderwijsmethode, waarbij de voordelen van het grafisch rekentoestel als multifunctioneel apparaat worden gebruikt, leren leerlingen dat wiskunde en chemie sterk met mekaar gerelateerd zijn. Deze perceptie is heel belangrijk omdat ze op die manier meer worden betrokken bij het lesgebeuren en zo hun interesse in wetenschappen en wiskunde groeit. Daarenboven worden contextgebonden topics in chemie toegankelijker gemaakt.

Literatuur

- Guedens, W. & Reynders, M. (2003). *Geboeid door Wiskunde en Wetenschappen-Chemie, Meten met sensoren in vier leerlingenpractica: Temperatuur-pH-Geleidbaarheid-Extinctie*, D/2003/2451/33, LUC Diepenbeek, België.
- Holmquist D. & Volz D. (2000). *Chemistry with computers - Using Logger Pro™*. Second edition. Beaverton: Vernier Software & Technology.
- www.education.ti.com
- www.rhombus.be
- www.vernier.com
- www.acdlabs.com

Gegevens over de auteurs

Wanda J. Guedens, docent chemie, Universiteit Hasselt, Campus Diepenbeek, Agoralaan - Gebouw D,
BE-3590 Diepenbeek, België
wanda.guedens@uhasselt.be

Monique M. Reynders, wetenschappelijk adviseur faculteit wetenschappen,
Universiteit Hasselt, Campus Diepenbeek, Agoralaan - Gebouw D, BE-3590 Diepenbeek, België
monique.reynders@uhasselt.be