

## Fluoride in tandpasta

Twee leerlingen gaan voor hun profielwerkstuk het fluoridegehalte bepalen van een bepaald merk tandpasta. Ze hebben op internet een bepaling gevonden waarbij het aanwezige fluoride als  $\text{PbClF}$  wordt neergeslagen. Door daarna de massa van het  $\text{PbClF}$  te wegen, kan het fluoridegehalte in de tandpasta worden berekend.

De leerlingen wegen een hoeveelheid tandpasta af en lossen dit in verdund salpeterzuur op. Terwijl zij dit doen, nemen zij een gasontwikkeling waar. Omdat in de tandpasta calciumcarbonaat aanwezig is als polijst- en schuurmiddel, vermoeden ze dat dit gas koolstofdioxide is. Ze leiden het gas daarom door kalkwater.

- 3p **18** Geef de vergelijking van de reactie die verloopt als koolstofdioxide door kalkwater wordt geleid. Geef de waarneming die de leerlingen zullen doen.

De oplossing die is ontstaan na de reactie van tandpasta met salpeterzuur wordt enige minuten verhit om het nog opgeloste koolstofdioxide te verwijderen. Daarna brengen de leerlingen de oplossing op een pH-waarde van ongeveer 5 door het toedruppelen van natronloog. Vervolgens voegen ze een  $\text{NaCl}$  oplossing toe, waarna ze onder voortdurend roeren een  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  oplossing toevoegen. Tijdens het toedruppelen ontstaat een suspensie doordat zich een heterogeen evenwicht instelt:

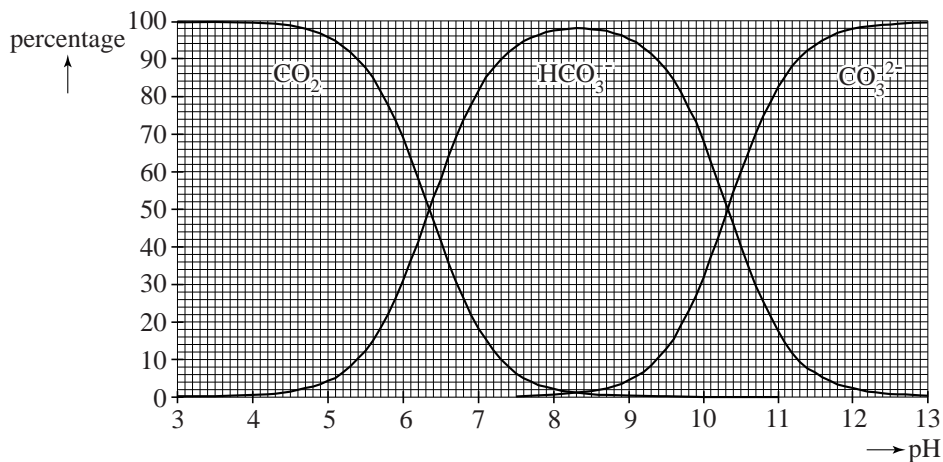


Doordat een overmaat  $\text{NaCl}$  oplossing en een overmaat  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  oplossing is toegevoegd, is de  $[\text{F}^-]$  in de vloeistof verwaarloosbaar klein.

- 2p **19** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1.  
2p **20** Leg met behulp van de evenwichtsvoorwaarde uit dat het gebruik van een overmaat  $\text{NaCl}$  oplossing en een overmaat  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  oplossing ervoor zorgt dat de concentratie opgeloste  $\text{F}^-$  verwaarloosbaar klein kan worden.

Het verwijderen van de opgeloste koolstofdioxide is noodzakelijk om te voorkomen dat behalve  $\text{PbClF}$  ook  $\text{PbCO}_3$  neerslaat;  $\text{PbCO}_3$  is buitengewoon slecht oplosbaar. Om te voorkomen dat tijdens de bepaling ook  $\text{PbCO}_3$  neerslaat, moet de  $[\text{CO}_3^{2-}]$  beslist kleiner zijn dan  $10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$ . De leerlingen vragen zich af of het uitkoken wel echt nodig is. Ze hebben in een scheikundeboek onderstaand diagram gevonden. Hierin staan hoeveelheden van de deeltjes  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{CO}_3^{2-}$  uitgezet als percentage van de totale hoeveelheid opgeloste koolstofdioxide, tegen de pH. Het diagram geldt voor oplossingen van  $25^\circ\text{C}$ . Een deel van dit diagram is hieronder weergegeven.

**diagram**



Volgens de leerlingen kun je uit dit diagram afleiden dat bij  $\text{pH} = 5$  geen  $\text{CO}_3^{2-}$  voorkomt en dat uitkoken dus niet nodig is. Maar de leraar vindt dat de leerlingen daar iets te makkelijk over denken. Volgens de leraar is het best mogelijk dat in een oplossing van  $25^\circ\text{C}$  die verzadigd is aan koolstofdioxide, bij  $\text{pH} = 5$  de  $[\text{CO}_3^{2-}]$  groter is dan  $10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$ . Onder deze omstandigheden bedraagt de totale hoeveelheid van de deeltjes  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{CO}_3^{2-}$  samen  $1,10 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ .

- 4p 21 Laat door middel van een berekening zien of de  $[\text{CO}_3^{2-}]$  groter kan zijn dan  $10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$  in een verzadigde oplossing van koolstofdioxide bij  $25^\circ\text{C}$  en  $\text{pH} = 5,00$ . Gebruik het diagram.

De leerlingen hebben een hoeveelheid tandpasta van 20,0143 g afgewogen en het fluoride omgezet in  $\text{PbClF}$ . De verkregen suspensie wordt gefiltreerd over een vooraf gedroogd filter. De massa van het filter is bepaald: 7,1842 g. Het neerslag van  $\text{PbClF}$  wordt in het filter verzameld en gewassen. Hierna wordt het filter gedroogd en met het daarin verzamelde neerslag gewogen: 7,5836 g.

- 4p 22 Bereken het fluoridegehalte van de onderzochte tandpasta in massa-ppm. Neem aan dat al het fluoride is neergeslagen als  $\text{PbClF}$ .