

Chloordioxide

Rond 1944 had het drinkwater nabij de Niagara watervallen in de staat New York na de gebruikelijke behandeling met chloor een ziekenhuisachtige bijmaak. Onderzoek naar de oorzaak van de bijmaak leverde op dat in het gezuiverde water een zeer geringe hoeveelheid 2-chloorbenzenol aanwezig was.

- 2p 6 Beschrijf hoe je door middel van chromatografie kunt aantonen dat 2-chloorbenzenol in gezuiverd water voorkomt. Geef ook aan waaruit blijkt dat in het onderzochte water inderdaad 2-chloorbenzenol voorkomt.

Onder andere door dit probleem wordt sinds 1944 chloordioxide (ClO_2) gebruikt. Chloordioxide heeft goede desinfecterende eigenschappen: allerlei bacteriën en virussen worden snel en volledig onschadelijk gemaakt. Ook ontstaan bij gebruik van ClO_2 minder ongewenste chloorbevattende organische verbindingen, zoals 2-chloorbenzenol.

Het 2-chloorbenzenol was gevormd uit benzenol afkomstig van industrieel afvalwater. Als benzenol in zuur milieu met chloordioxide reageert, wordt het in een halfreactie omgezet tot buteendizuur en ethaandizuur. De chloordioxidemoleculen worden daarbij in een halfreactie omgezet tot chloride-ionen en water.

- 4p 7 Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van benzenol tot buteendizuur en ethaandizuur. Behalve de formules van de genoemde stoffen komen in de vergelijking ook H^+ en H_2O voor. Gebruik voor de koolstofverbindingen structuurformules. Je hoeft geen rekening te houden met stereo-isomerie.
- 3p 8 Geef de vergelijking van de halfreactie van chloordioxide en leid de vergelijking af van de totale reactie tussen benzenol en chloordioxide in zuur milieu. In de vergelijking van de halfreactie van chloordioxide komen behalve ClO_2 en Cl^- ook H^+ en H_2O voor.

Omdat chloordioxide een instabiele stof is, wordt het in waterzuiveringsinstallaties in zogenoemde generatoren gemaakt. In een bepaald type chloordioxide-generator wordt het chloordioxide geproduceerd door twee commercieel verkrijgbare oplossingen samen te voegen: een oplossing van 7,5 massa% natriumchloriet (NaClO_2) en zoutzuur. Bij het mengen van de NaClO_2 oplossing en zoutzuur treedt de volgende reactie op:



De omzettingsgraad van het opgeloste chloriet is 95%.
 Het in de generator ontstane ClO_2 wordt gescheiden van het reactiemengsel. Vervolgens wordt het opgelost in water, waarna het wordt verdund met water tot een gehalte van 2,4 g ClO_2 per L. Om veiligheidsredenen is een maximale voorraad van 200 L toegestaan.

- 5p 9 Bereken hoeveel liter van de 7,5 massa% NaClO_2 oplossing nodig is om een voorraadvat van 200 L te vullen met de ClO_2 oplossing. De dichtheid van de NaClO_2 oplossing is $1,06 \text{ kg L}^{-1}$.

Het ClO_2 gehalte in het voorraadvat wordt regelmatig gecontroleerd. Dat gebeurt door middel van een jodometrische titratie.

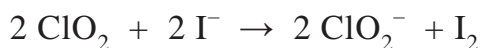
Voor deze titratie is een buffer van $\text{pH} = 7,00$ nodig. Deze buffer wordt gemaakt door oplossingen van natronloog en natriumdiwaterstoffosfaat samen te voegen. In de buffer zijn zowel deeltjes monowaterstoffosfaat als diwaterstoffosfaat aanwezig.

- 3p 10 Bereken de molverhouding waarin de deeltjes monowaterstoffosfaat en diwaterstoffosfaat in de buffer met een pH van 7,00 voorkomen. Geef de uitkomst van je berekening weer als:
 monowaterstoffosfaat : diwaterstoffosfaat = ... : ...

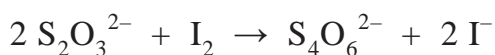
Hieronder staat een beschrijving van een dergelijke controle.

Neem 25,0 mL ClO_2 oplossing en voeg een buffer toe met $\text{pH} = 7,00$. Voeg hieraan een grote overmaat KI oplossing toe. Titreer met een oplossing van natriumthiosulfaat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

Er vormt zich eerst jood volgens onderstaande reactievergelijking:



Tijdens de titratie treedt de volgende reactie op:



Vlak voor het bereiken van het eindpunt wordt een kleine hoeveelheid zetmeel-oplossing toegevoegd.

Het eindpunt bij de bepaling van het gehalte ClO_2 van een monster vloeistof uit een voorraadvat werd bereikt nadat 17,1 mL 0,050 M natriumthiosulfaat was toegevoegd.

- 1p 11 Geef aan welke kleurverandering zichtbaar is bij het eindpunt van deze bepaling.
- 2p 12 Bereken het gehalte ClO_2 in het voorraadvat in g L^{-1} .