

## Bromide in grondwater

Schaliegas is aardgas dat in gesteente diep onder het aardoppervlak is opgesloten. Om schaliegas te winnen gebruikt men een methode die fracking wordt genoemd. Hierbij wordt een mengsel van water, zand en chemicaliën onder hoge druk in het gesteente gepompt zodat hierin scheurtjes ontstaan en het schaliegas vrijkomt. Bij fracking ontstaan grote hoeveelheden afvalwater dat onder andere  $\text{Br}^-$ -ionen,  $\text{Cl}^-$ -ionen en  $\text{I}^-$ -ionen bevat. Deze ionen zijn afkomstig van goed oplosbare zouten die in het gesteente voorkomen.

- 2p 18 Geef de formule van een zout dat bromide-ionen bevat en goed oplosbaar is in water. Maak gebruik van Binas-tabel 45A of ScienceData-tabel 8.4d.

Op frackinglocaties worden regelmatig monsters van het grondwater genomen. Om op de frackinglocatie snel het bromidegehalte van het grondwater te bepalen is de methode ontwikkeld die in tekstfragment 1 is beschreven.

### tekstfragment 1

- 1 Men maakt gebruik van filtreerpapierjes waarop eerst een oplossing van chloramine-T en de zuur-base-indicator fenolrood is aangebracht en die men daarna heeft laten drogen.
- 2 Een druppel grondwater wordt op zo'n filtreerpapierje aangebracht. Eventueel wordt het grondwater eerst verdund.
- 3 In aanwezigheid van  $\text{Br}^-$  vinden achtereenvolgens twee reacties plaats:  
Reactie 1:  $\text{Br}^-$  wordt door een reactie met chloramine-T omgezet tot onder andere broom.  
Reactie 2: het ontstane broom reageert volledig met fenolrood tot onder andere broomfenolblauw.
- 4 Door beide reacties wordt het gele filtreerpapierje enigszins blauw.
- 5 De afname van de gele kleur wordt gemeten met een kleurdetector.
- 6 Met behulp van een ijklijn wordt het bromidegehalte bepaald.

De oplossing waarin de reacties plaatsvinden, heeft een pH van 4,6. Het ontstane broomfenolblauw heeft bij deze pH een blauwe kleur.

- 2p 19 Bereken de  $[\text{H}^+]$  in  $\text{mol L}^{-1}$  in de oplossing waarin de reacties plaatsvinden. Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.
- 2p 20 Leg uit met behulp van tekstfragment 1 en Binas-tabel 52A of ScienceData-tabel 9.1d, dat de kleur van het filtreerpapierje eerst geel is en dan verandert naar blauw. Noteer je antwoord als volgt: eerst geel omdat ... verandert naar blauw doordat ...

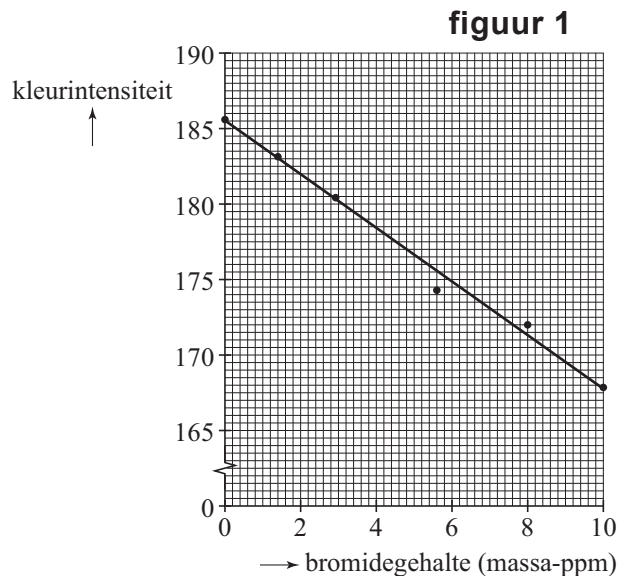
Reactie 2 is een reactie van fenolrood ( $C_{19}H_{14}O_5S$ ) met broom. Daarbij worden per molecuul fenolrood vier H-atomen vervangen door vier Br-atomen. Bij reactie 2 ontstaan broomfenolblauw en één andere stof. Deze reactie is vergelijkbaar met de substitutiereactie van een alkaan met een halogeen en is op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven.

- 3p 21 Maak de vergelijking van reactie 2 op de uitwerkbijlage compleet. Gebruik molecuulformules.

De hoeveelheden chloramine-T en fenolrood die op het filtreerpapier zijn aangebracht, zijn zo gekozen dat bromidegehaltenes tot maximaal 10 massa-ppm gemeten kunnen worden. Wanneer bij punt 2 een grondwatermonster met een bromidegehalte hoger dan 10 massa-ppm wordt aangebracht, zal een onjuist bromidegehalte worden gemeten.

- 2p 22 Leg uit of het gemeten gehalte in dat geval te hoog of te laag zal zijn.

In figuur 1 is de ijklijn weergegeven die is gemaakt met behulp van een aantal oplossingen met elk een bekend bromidegehalte. In de figuur is het bromidegehalte uitgezet tegen de kleurintensiteit. De kleurintensiteit komt overeen met een bepaalde hoeveelheid van de beginstof fenolrood, die afneemt naarmate er meer bromide aanwezig is.



Een wetenschapper onderzoekt het bromidegehalte van een grondwatermonster. Hij voert de bepaling uit tekstfragment 1 uit. Bij punt 2 verdunt hij het grondwatermonster door in een reageerbuisje 2,00 mL grondwater met 8,00 mL gedestilleerd water te mengen. Hij meet vervolgens een kleurintensiteit van 180. Met behulp van de grafiek en de beschreven verdunning berekent hij het bromidegehalte van het grondwatermonster, in massa-ppm.

- 3p 23 Geef deze berekening. Lees af op één decimaal nauwkeurig en geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

#### Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

## uitwerkbijlage

21

