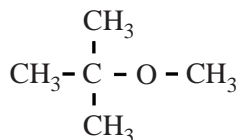


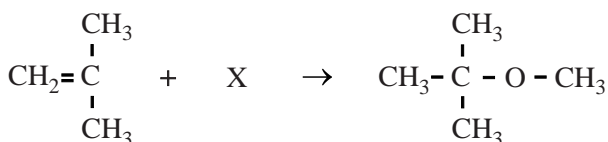
## MTBE

Om benzine beter te laten verbranden, wordt vaak de stof MTBE toegevoegd. Hieronder staat de structuurformule van MTBE.



MTBE

MTBE wordt industrieel bereid door methylpropeen te laten reageren met een stof X. In deze reactie is MTBE het enige reactieproduct. De reactievergelijking van deze bereiding van MTBE is hieronder weergegeven.



- 2p 1 Geef de structuurformule van stof X.  
2p 2 Leg uit welk type reactie optreedt in deze bereiding van MTBE.

MTBE lost veel slechter in water op dan in benzine. Toch is gebleken dat in de omgeving van benzinestations in de Verenigde Staten MTBE in het grondwater terechtkomt en uiteindelijk ook in het drinkwater.

- 2p 3 Leg aan de hand van de structuurformule van MTBE uit dat deze stof slechter in water oplost dan in benzine.

Volgens een richtlijn van de Amerikaanse overheid mag de MTBE concentratie in drinkwater niet hoger zijn dan  $2,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ . Bij de analyse van het water uit een drinkwaterreservoir met een inhoud van  $5,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  bleek daarin 150 kg MTBE aanwezig te zijn.

- 3p 4 Ga door middel van een berekening na of het drinkwater in dit reservoir voldoet aan de richtlijn van de Amerikaanse overheid.

Enige tijd geleden heeft een Amerikaanse onderzoeker, Pratim Biswas, een methode gevonden om MTBE uit drinkwater te verwijderen. In een persbericht over deze methode staat het volgende:

**tekstfragment**

Biswas ontdekte dat een bepaalde vorm van een verbinding die titaanwit heet, er voor kan zorgen dat MTBE reageert met opgelost zuurstof zodat het onschuldige gas koolstofdioxide ontstaat.

Titaanwit is een triviale naam voor de stof titaandioxide. Omdat dit een verbinding is van een metaal en een niet-metaal wordt de naam ook vaak geschreven door gebruik te maken van een Romeins cijfer.

2p **5** Geef die naam van titaanwit. Geef een verklaring voor je antwoord.

Koolstofdioxide kan niet de enige stof zijn die ontstaat bij deze methode om MTBE uit drinkwater te verwijderen. Er ontstaat nog een andere verbinding.

3p **6** Geef de vergelijking van de reactie die optreedt bij de beschreven verwijdering van MTBE uit drinkwater. Gebruik molecuulformules.

## De ontleding van waterstofperoxide

Waterstofperoxide kan ontleden in water en zuurstof:



Dit is een aflopende reactie. Wanneer ook jodide aanwezig is, wordt een versnelde gasontwikkeling waargenomen. Men heeft vastgesteld dat het jodide als katalysator optreedt.

- 1p 7 Wat moet men, behalve dat een versnelde gasontwikkeling plaatsvindt, ook nog aantonen om vast te stellen dat jodide inderdaad als katalysator optreedt?

Bert en Dieke hebben een onderzoek uitgevoerd om aan te tonen dat jodide de reactiesnelheid vergroot. Ze gebruikten daarvoor oplossingen van kaliumjodide met verschillende molariteiten. Van de TOA hebben ze een 0,44 M KI oplossing gekregen. Met behulp van deze oplossing moesten ze een 0,33 M KI oplossing maken en een 0,22 M KI oplossing.

- 3p 8 Bereken hoeveel mL water aan 30 mL 0,44 M KI oplossing moet worden toegevoegd om een 0,33 M KI oplossing te verkrijgen.

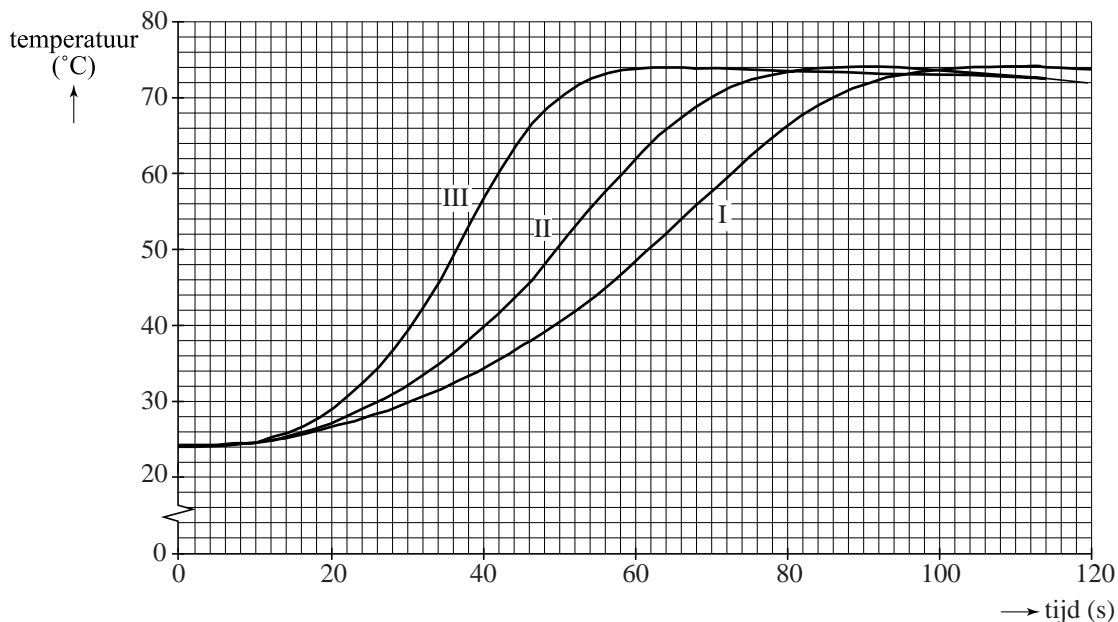
Het onderzoek van Bert en Dieke bestond uit drie proefjes met verschillende jodideconcentraties. In onderstaande tabel is de samenstelling van de oplossingen in elk proefje weergegeven.

proef	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> oplossing		KI oplossing	
I	75 mL	10%	8 mL	0,22 M
II	75 mL	10%	8 mL	0,33 M
III	75 mL	10%	8 mL	0,44 M

Omdat de ontleding van waterstofperoxide exotherm is, is de snelheid van de ontleding te volgen door voortdurend de temperatuur van het reactiemengsel te meten. Op het moment dat de KI oplossing werd toegevoegd, werd de tijdmeting gestart. Vervolgens werd gedurende 120 seconden de temperatuur van het reactiemengsel gemeten.

In onderstaand diagram is het verloop van de temperatuur van het reactiemengsel voor elk van de drie proefjes weergegeven.

### diagram



De gemiddelde reactiesnelheid van de ontleding van waterstofperoxide wordt gedefinieerd als de gemiddelde afname van de  $[\text{H}_2\text{O}_2]$  per seconde en wordt uitgedrukt in  $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ .

Aan het begin van elk proefje was de  $[\text{H}_2\text{O}_2] = 2,7 \text{ mol L}^{-1}$ .

- 2p **9** Bereken de gemiddelde reactiesnelheid, in  $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ , waarmee in proef III het waterstofperoxide is ontleed.
- 2p **10** Leg aan de hand van bovenstaand diagram uit dat de snelheid waarmee waterstofperoxide ontleedt groter is als de  $[\text{I}^-]$  groter is.

In hun onderzoek hebben Bert en Dieke aangetoond dat de jodideconcentratie de snelheid van de ontleding van waterstofperoxide beïnvloedt. Met dit onderzoek kunnen ze echter niet goed vaststellen hoeveel de reactiesnelheid groter wordt als de jodideconcentratie groter wordt, omdat ook een andere factor die de reactiesnelheid beïnvloedt een rol speelt.

- 2p **11** Leg mede aan de hand van het diagram uit dat met het onderzoek van Bert en Dieke niet kan worden vastgesteld hoeveel de reactiesnelheid groter wordt als de jodideconcentratie groter wordt.

## Methylbromide in Wikipedia

Over broommethaan (of methylbromide) stond in januari 2012 de volgende informatie in Wikipedia.

### tekstfragment

**Broommethaan** of **methylbromide** ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ), is een kleurloos, bijna reukloos en giftig gas. Het werd in het verleden vooral gebruikt voor begassing in de landbouw om de bodem te steriliseren en om ratten, insecten en schimmels te verdelgen (onder andere in zeecontainers).

(...)

- 5 Het gebruik van methylbromide is sedert 1 januari 2005 verboden. Vanaf 1 januari 2015 zou de productie ervan ook moeten stoppen. Als alternatief bij bodemontsmetting wordt onder andere 1,3-dichloorpropeen gebruikt, dat echter in de Europese Unie inmiddels eveneens verboden is (per 20 maart 2008).

- 10 De aanwezigheid van methylbromide in het milieu is in grote mate het gevolg van het gebruik als gassingsmiddel, maar het wordt ook gevormd in de oceanen, wellicht door algen en zeewieren. In water ontbindt het langzaam tot methanol en waterstofbromide.

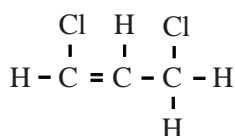
(...)

- 15 Kortstondige inademing van methylbromide kan aanleiding geven tot duizeligheid, hoofdpijn, misselijkheid, maagkrampen en braken. Reeds bij lage concentraties (1600 tot 60.000 ppm, afhankelijk van de blootstellingsduur) kan het dodelijk zijn.

(...)

- 20 De grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling is in België vastgesteld op 5 ppm ( $19 \text{ mg m}^{-3}$ ) (tijdgewogen gemiddelde voor een referentieduur van 8 uur).

De structuurformule van het in regel 7 genoemde alternatief voor methylbromide is:



Koolstofverbindingen kunnen worden ingedeeld in verschillende groepen.

- 3p 12 Geef voor elk van de hieronder genoemde groepen van koolstofverbindingen aan of het in regel 7 genoemde alternatief voor methylbromide daartoe behoort:
- onverzadigde verbindingen;
  - halogeenalkanen;
  - alkenen.
- Licht je antwoord toe.

- 3p 13 Leg aan de hand van de formules van methylbromide en methanol uit dat het in water 'ontbinden' van methylbromide geen ontledingsreactie is.
- 3p 14 Geef de reactievergelijking voor het in water 'ontbinden' van methylbromide. Houd hierbij rekening met het feit dat waterstofbromide een sterk zuur is.

De aanduiding ppm (zie regels 16 en 19) is, net als %, een gehalte-aanduiding. Deze aanduiding wordt gebruikt voor kleine concentraties: een ppm is  $10^{-4}\%$ . De grenswaarde die in regel 19 wordt genoemd, is dus  $5 \cdot 10^{-4}\%$ .

Bij percentages maakt men onderscheid tussen massapercentage en volumepercentage. Zo'n onderscheid bestaat ook bij de aanduiding ppm: massa-ppm en volume-ppm. In de Wikipediatekst staat niet vermeld of de Belgische grenswaarde 5 massa-ppm is dan wel 5 volume-ppm. Cathelijne probeert te achterhalen wat het geval is. Ze rekent de grenswaarde van 5 ppm om naar  $\text{mg m}^{-3}$ , ervan uitgaande dat volume-ppm is bedoeld. Ze gebruikt voor haar berekening de dichtheid van methylbromide die ook in de Wikipediatekst vermeld staat:  $3,3 \text{ g cm}^{-3}$ . Cathelijne komt veel hoger uit dan  $19 \text{ mg m}^{-3}$ . Volgens haar docent kan ze de vermelde dichtheid niet gebruiken, omdat die voor een gas veel te hoog is. Waarschijnlijk is de vermelde dichtheid van toepassing op vloeibaar methylbromide.

- 2p 15 Geef een verklaring voor het feit dat methylbromide in de gasfase een (veel) kleinere dichtheid heeft dan in de vloeibare fase. Verwerk in je antwoord ook de soort bindingen die wordt verbroken als methylbromide verdampt.

De docent raadt Cathelijne aan om de dichtheid van gasvormig methylbromide zelf even uit te rekenen. Ze moet daarbij gebruikmaken van het gegeven dat bij 298 K het volume van een mol gasvormig methylbromide  $24,5 \text{ dm}^3$  is.

- 3p 16 Bereken, mede met behulp van bovengenoemd gegeven, de dichtheid in  $\text{g cm}^{-3}$  van gasvormig methylbromide bij 298 K. Geef je antwoord in drie significante cijfers.
- 2p 17 Ga na of met de Belgische grenswaarde van 5 ppm volume-ppm is bedoeld.
- Reken daartoe de grenswaarde van 5 ppm om naar  $\text{mg m}^{-3}$ .
  - Gebruik de berekende dichtheid van gasvormig methylbromide.

## IJzer in cornflakes

Op de website van Kellogg's, een producent van ontbijtgranen, staat het volgende: 'Al tientallen jaren voegt de voedingsmiddelenindustrie in Europa ijzer toe aan basislevensmiddelen als brood, pasta, ontbijtgranen en andere graanproducten.' De aanleiding voor deze vermelding was de commotie die was ontstaan door een TV programma van de Keuringsdienst van Waarde. Professor Martijn Katan reageerde in een column ook op deze uitzending. Zie onderstaand tekstfragment.

### tekstfragment

Anderhalve week geleden dook de Keuringsdienst van Waarde in de cornflakes. Keuringsdienst van Waarde is een TV programma dat uitzoekt wat er echt in eten zit.

Het ging om ijzer. Veel mensen hebben een tekort aan ijzer. Daarom doet  
5 Kellogg's extra ijzer bij de cornflakes. Daar gebruiken ze ijzerpoeder voor. Dat wordt veel gebruikt voor ijzerverrijking, vooral in Derde-Wereld landen waar tekorten aan ijzer het vaakst voorkomen. Nadeel is dat het niet geweldig goed wordt opgenomen in je lichaam, want het ijzer moet in je maag eerst oplossen in maagzuur en dat gaat niet hard. Maar uit een  
10 portie cornflakes haal je nog altijd meer ijzer dan uit een portie spinazie. Keuringsdienst van Waarde liet zien dat je dat ijzerpoeder er met een magneet uit kunt vissen. Dat was schrikken. Maar het ijzer in ons lichaam is nu eenmaal hetzelfde als ijzer in een paperclip.

Vervolgens werd in het programma verteld dat ijzer uit cornflakes niet in  
15 het lichaam wordt opgenomen en dat het misschien wel slecht voor je darmen is. Dat is allebei niet waar. IJzerpoeder is uitgebreid onderzocht, het werkt, het is veilig en het is officieel toegestaan in eten.

Tot slot zei de Keuringsdienst van Waarde dat Kellogg's gemalen spijkers en fietswrakken in cornflakes deed. Daarmee gingen ze over de schreef.  
20 Toevoegingen aan levensmiddelen komen van speciale fabrikanten en de soort ijzer die is toegestaan in levensmiddelen kun je nooit maken door spijkers fijn te malen.

IJzer wordt in je lichaam uitsluitend opgenomen in de vorm van  $\text{Fe}^{2+}$ . Daarom moet het ijzerpoeder uit de cornflakes eerst in het maagzuur 'oplossen' (regels 8 en 9). Maagzuur kan worden opgevat als verdund zoutzuur. Het 'oplossen' van ijzer in maagzuur is een redoxreactie. De opname van ijzer uit cornflakes gaat niet snel, omdat cornflakes vaak in combinatie met melk worden genuttigd. Melk bevat een base.

- 2p 18 Geef de vergelijkingen van de beide halfreacties en de totale reactievergelijking voor het 'oplossen' van ijzer in zoutzuur. Noteer je antwoord als volgt:  
 halfreactie oxidator: ...  
 halfreactie reductor: ...  
 totale reactievergelijking: ...
- 2p 19 Leg uit waarom de vorming van  $\text{Fe}^{2+}$  wordt geremd als cornflakes in combinatie met melk worden genuttigd.

Dat je uit een portie cornflakes nog altijd meer ijzer haalt dan uit een portie spinazie (regels 9 en 10) komt omdat in spinazie het ijzer voor het overgrote deel voorkomt in de vorm van  $\text{Fe}^{3+}$ . Dit  $\text{Fe}^{3+}$  zou dan in de maag moeten worden omgezet tot  $\text{Fe}^{2+}$ . En dat gebeurt niet.

- 2p 20 Leg uit wat voor soort deeltjes nodig is om  $\text{Fe}^{3+}$  om te zetten tot  $\text{Fe}^{2+}$ .
- 2p 21 Leg uit, aan de hand van de soorten deeltjes die in verdund zoutzuur voorkomen, dat in de maag de omzetting van  $\text{Fe}^{3+}$  tot  $\text{Fe}^{2+}$  niet optreedt.

Wat Martijn Katan in de regels 12 en 13 zegt, is gedeeltelijk juist. Wat betreft hun bouw vertonen de ijzerdeeltjes in een paperclip overeenkomsten en verschillen met de ijzerdeeltjes die door het lichaam worden opgenomen.

- 2p 22 Noem een overeenkomst en een verschil in de bouw van de ijzerdeeltjes in een paperclip en ijzerdeeltjes die door het lichaam worden opgenomen.

IJzerpoeder dat wordt gebruikt als toevoeging aan de cornflakes, wordt speciaal gemaakt en bestaat uit kleine korrels, waarin minuscule poriën voorkomen (I in de figuur hiernaast). Als je een spijker fijn zou malen, krijg je korrels zonder poriën (II in de figuur hiernaast).



ijzerpoeder I

ijzerpoeder II

- 2p 23 Is de snelheid van de reactie van ijzerpoeder I met maagzuur hoger of lager dan of gelijk aan de snelheid van de reactie van ijzerpoeder II met maagzuur? Geef een verklaring voor je antwoord.  
 Ga ervan uit dat gelijke hoeveelheden ijzerpoeder reageren.

In onderstaande tabel staan gegevens over de opname van ijzer uit een portie cornflakes en ijzer uit een portie spinazie.

	Kellogg's cornflakes	Gekookte spinazie
Portie	40 g	100 g
IJzergehalte	12 mg per 100 g	1,3 mg per 100 g
Percentage dat wordt opgenomen	2 (met melk) 4 (zonder melk)	1,4

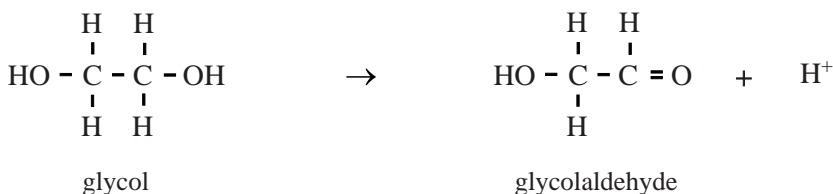
- 2p 24 Ga door middel van een berekening na of de uitspraak van Martijn Katan in de regels 9 en 10 klopt. Gebruik gegevens uit bovenstaande tabel.





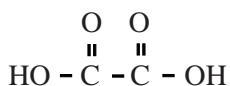
- 1p **26** Geef de naam van de atoomgroep die de binding vormt tussen twee aminozuureenheden in een eiwit.
- 2p **27** Omcirkel in de structuurformule op de uitwerkbijlage beide bovenbedoelde atoomgroepen.
- 2p **28** Is het menselijk lichaam in staat om de aminozuren die in het fragment ~ Cys – Gly – Ser ~ voorkomen zelf aan te maken? Licht je antwoord toe.
- 2p **29** Leg uit hoe een binding tot stand kan komen tussen een glycolmolecuul en het fragment ~ Cys – Gly – Ser ~.

In de eerste stap van de omzetting van glycol tot oxaalzuur wordt het glycol omgezet tot glycolaldehyde. Dit is een redoxreactie. De onvolledige vergelijking van de halfreactie van het glycol is hieronder en op de uitwerkbijlage weergegeven.



- 2p **30** Zet op de uitwerkbijlage  $e^-$  aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

Het glycolaldehyde wordt vervolgens in nog drie reactiestappen omgezet tot oxaalzuur,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ . De structuurformule van oxaalzuur is:



Uit moleculen oxaalzuur kunnen in de nieren oxalaationen ontstaan, die uiteindelijk met calciumionen het slecht oplosbare calciumoxalaat ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ) vormen.

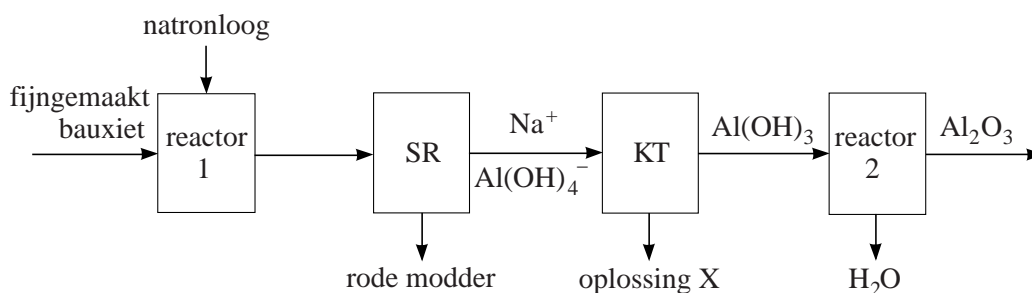
- 2p **31** Leg uit of de omzetting van oxaalzuurmoleculen tot oxalaationen bij een hoge of bij een lage pH plaatsvindt.



## Het Bayerproces en rode modder

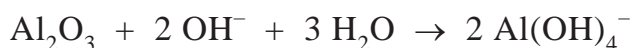
De grondstof voor aluminium is bauxiet. Aluminium wordt uit bauxiet gewonnen in twee processen. Het eerste proces is het Bayerproces. Hiermee wordt het aluminiumoxide uit bauxiet gehaald. In het tweede proces wordt aluminium uit aluminiumoxide gewonnen. Hieronder is het blokschema van het Bayerproces vereenvoudigd weergegeven.

### blokschema



- In reactor 1 wordt fijngemaakt bauxiet verhit met natronloog. Bij de reactie die dan optreedt, reageert uitsluitend het aluminiumoxide onder vorming van zogenoemde aluminaationen,  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ .
- Het mengsel dat in reactor 1 ontstaat, wordt naar de scheidingsruimte, SR, geleid. Daar wordt de oplossing van natriumaluminaat gescheiden van de zogenoemde 'rode modder'.
- Vervolgens wordt de oplossing van natriumaluminaat naar de kristallisatietank, KT, gevoerd. Daar ontstaan vast aluminiumhydroxide en een oplossing X.
- Tenslotte wordt in reactor 2 door verhitting het vaste aluminiumhydroxide omgezet tot aluminiumoxide en water.

De vergelijking van de reactie die in reactor 1 plaatsvindt is:



Deze reactie is een zuur-base reactie.

- 2p **32** Leg uit welke soort deeltjes hier als base optreedt.

De rode modder, oplossing X en water zijn afvalproducten bij deze bereiding van aluminiumoxide. In een industrieel proces worden, waar mogelijk, afvalproducten hergebruikt.

- 2p **33** Leg uit, aan de hand van de gegeven formules die bij de ingaande stofstroom en één van de uitgaande stofstromen van KT staan, of oplossing X in het proces kan worden hergebruikt.

Er ontstaan grote hoeveelheden rode modder in het Bayerproces: per ton gevormd aluminiumoxide kan wel 1 tot 1,5 ton rode modder ontstaan. Deze rode modder bevat nog een tamelijk hoog percentage aan aluminiumoxide.

- 3p **34** Bereken het procentuele verlies aan aluminiumoxide als per 1,00 ton gevormd aluminiumoxide 1,25 ton rode modder ontstaat met 14 massaprocent aluminiumoxide.

Bij veel fabrieken wordt de rode modder in grote reservoirs opgeslagen. Dat dit grote risico's met zich meebrengt, bleek toen bij het plaatsje Kolontar in Hongarije een dam van zo'n slibreservoir het begaf. Een groot gebied raakte toen overstroomd met miljoenen kubieke meters rode modder.

Rode modder wordt onder andere gekenmerkt door een zeer hoge pH.

- 2p **35** Bereken de  $[\text{OH}^-]$  in rode modder met  $\text{pH} = 12,3$  (298 K).

In een groot aantal media verscheen het bericht dat men de rode modder probeerde te 'neutraliseren' met gips. Men voegt dan calciumsulfaat toe. 'Neutraliseren' kan betekenen dat men de risico's probeert te verminderen. In de chemie betekent 'neutraliseren' dat men de pH van een oplossing op 7 wil brengen.

- 1p **36** Leg uit dat men met 'neutraliseren' door toevoegen van calciumsulfaat niet de in de chemie gehanteerde betekenis van 'neutraliseren' bedoelt.

- 2p **37** Geef, gebruikmakend van Binas-tabel 66A, een mogelijke verklaring waarom toevoeging van calciumsulfaat de risico's van rode modder kan verminderen.