

Stabilisator voor PVC

14-2 PVC wordt in de chemische industrie op grote schaal gemaakt door polymerisatie van chlooretheen. PVC wordt vervolgens in korrelvorm geleverd aan fabrieken waar men van PVC bijvoorbeeld kozijnen, deuren, waterleidingen en kabels maakt. Hierbij wordt gebruikgemaakt van het feit dat PVC een thermoplast is.

- 2p 1 Leg uit met behulp van begrippen op microniveau (deeltjesniveau) dat PVC een thermoplast is.

In het vakblad 'Science' is een artikel verschenen over een onderzoek naar het gebruik van een alternatief elektrodemateriaal. De in het onderzoek gebruikte elektrodes bevatten aan het oppervlak een dunne laag van het materiaal indiumtinoxide ITO. ITO bestaat voor 90% uit indiumoxide en 10% tin(IV)oxide. Afgaand op de soort stoffen waaruit ITO bestaat, is het niet vanzelfsprekend dat deze vaste stof de elektrische stroom geleidt.

- 14-2 2p 8 Leg uit op microniveau (deeltjesniveau) dat het niet te verwachten is dat ITO elektrische stroom geleidt.

De onderzoekers maakten een oplossing van kaliumfosfaat in water. Ze brachten de oplossing door toevoeging van nog één andere soort stof op $\text{pH} = 7,00$. De fosfaationen worden hierbij geheel omgezet tot twee andere ionen.

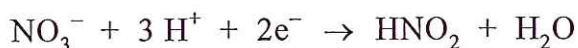
- 2p 9 Leg uit welke soort stof de onderzoekers hebben toegevoegd om de pH van de oplossing op 7,00 te brengen.

- 3p 10 Ga met een berekening na van welke soort ionen, ontstaan uit de fosfaationen, de concentratie het grootst is bij $\text{pH} = 7,00$ (298 K).

Aan de gevormde oplossing werd kobalt(II)nitraat toegevoegd tot een concentratie van $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ M}$. In deze oplossing plaatsten de onderzoekers twee ITO-elektrodes. Toen de stroom werd ingeschakeld, ontstond een zwart steenachtig laagje van kobalt(III)fosfaat op het oppervlak van de ITO-anode. Tevens werd aan de anode zuurstof gevormd en aan de kathode (negatieve elektrode) waterstof.

15-1

Hexaandizuur kan op meerdere manieren worden bereid. De bereiding van hexaandizuur door cyclohexanol ($C_6H_{12}O$) te laten reageren met geconcentreerd salpeterzuur noemen we in deze opgave proces 1. De halfreactie van het salpeterzuur is hieronder gegeven.



- 3p 2 Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van cyclohexanol tot hexaandizuur. Gebruik molecuulformules. In de vergelijking van de halfreactie komen ook H_2O en H^+ voor.
- 2p 3 Leid met behulp van beide halfreacties de vergelijking van de totaalreactie voor proces 1 af.

In proces 1 wordt HNO_2 gevormd. Deze stof ontleedt bij de procesomstandigheden tot onder andere NO . De atomefficiëntie (atoomeconomie) van proces 1 bedraagt 41,49%.

Een andere methode om hexaandizuur te maken (proces 2) is de reactie van cyclohexeen met waterstofperoxide (H_2O_2). Cyclohexeen reageert hierbij in een molverhouding van 1 : 4 met waterstofperoxide. Behalve hexaandizuur ontstaat hierbij alleen water.

- 3p 4 Bereken de atomefficiëntie (atoomeconomie) van proces 2.
- 2p 5 Geef twee argumenten die gebruikt kunnen worden als een keuze tussen proces 1 en 2 moet worden gemaakt.
Geef argumenten gebaseerd op informatie uit deze opgave en/of Binas-tabel 97A.

Eén van de weekmakers die in TPS wordt gebruikt, is glycerol (1,2,3-propaantriol). Moleculen glycerol nestelen zich tussen polymeerketens en vormen daar waterstofbruggen mee. Door de aanwezigheid van glycerol tussen de polymeerketens is TPS beter te vervormen dan zetmeel met een vergelijkbare ketenlengte. Een deel van twee polymeerketens van TPS is op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, weergegeven.

- 2p 18 Teken op de uitwerkbijlage een molecuul glycerol tussen de twee getekende delen van ketens van TPS. Geef in de tekening met stippellijntjes aan hoe het glycerolmolecuul met waterstofbruggen aan beide ketens is gebonden.
- 2p 19 Leg uit met behulp van begrippen op deeltjesniveau hoe toevoeging van glycerol aan TPS het polymeer beter te vervormen maakt.

15-1

1 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Als chlooretheen polymeriseert ontstaan lange ketens zonder dwarsverbindingen. De ketens kunnen langs elkaar bewegen (bij verwarmen).
- Als chlooretheen polymeriseert ontstaan lange ketens. Deze zijn onderling niet verbonden met atoombindingen / verbonden met vanderwaalsbindingen (en dipool-dipool bindingen), waardoor ze langs elkaar kunnen bewegen (bij verwarmen).

- notie dat als chlooretheen polymeriseert lange ketens ontstaan zonder dwarsverbindingen 1
- notie dat de ketens langs elkaar kunnen bewegen (bij verwarmen) 1

of

- notie dat als chlooretheen polymeriseert lange ketens ontstaan die onderling niet verbonden zijn met atoombindingen / verbonden zijn met vanderwaalsbindingen (en dipool-dipool bindingen) 1
- notie dat de ketens langs elkaar kunnen bewegen (bij verwarmen) 1

Indien een antwoord is gegeven als: „PVC heeft lange ketens dus het kan smelten.” 1

8 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Indiumoxide en tin(IV)oxide bestaan uit ionen. In de vaste fase kunnen de ionen niet bewegen (en is stroomgeleiding niet mogelijk).

- indiumoxide en tin(IV)oxide bestaan uit ionen 1
- in de vaste fase kunnen de ionen niet bewegen (en is stroomgeleiding niet mogelijk) 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Indiumoxide en tin(IV)oxide zijn zouten. In de vaste fase kunnen zouten de stroom niet geleiden” 1

9 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Fosfaat is een zwakke base. Je moet dus een zuur toevoegen om de pH op 7,00 te brengen.
- Een oplossing van kaliumfosfaat heeft $\text{pH} > 7,00$. Je moet dus een zuur toevoegen om de pH op 7,00 te brengen.
- Een oplossing van kaliumfosfaat is basisch. Je moet dus een zuur toevoegen om de pH op 7,00 te brengen.

- fosfaat is een base / een oplossing van kaliumfosfaat heeft $\text{pH} > 7,00$ / een oplossing van kaliumfosfaat is basisch 1
- conclusie 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Je moet een zuur toevoegen, want H^+ reageert met PO_4^{3-} tot HPO_4^{2-} en H_2PO_4^- .” 1

4 maximumscore 3

Een juiste berekening kan als volgt zijn weergegeven:

$$\frac{146,14}{82,14 + 4 \times 34,02} \times 10^2 = 66,97\%$$

of

$$\frac{146,14}{146,14 + 4 \times 18,02} \times 10^2 = 66,97\%$$

- berekening van de molaire massa van cyclohexeen (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 82,14 g mol⁻¹) en hexaandizuur (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 146,14 g mol⁻¹) 1
- gebruik van de molaire massa van waterstofperoxide (bijvoorbeeld via Binas-tabel 98: 34,02 g mol⁻¹) en juiste verwerking van de molverhouding 1
- rest van de berekening 1

of

- berekening van de molaire massa van hexaandizuur (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 146,14 g mol⁻¹) 1
- gebruik van de molaire massa van water (bijvoorbeeld via Binas-tabel 98: 18,02 g mol⁻¹) en juiste verwerking van de molverhouding 1
- rest van de berekening 1

5 maximumscore 2

Voorbeelden van juiste argumenten zijn (twee van de volgende):

- De atomefficiëntie (atoomeconomie) van proces 2 is hoger (dus proces 2 verdient de voorkeur).
- In proces 1 wordt salpeterzuur gebruikt. Dit is een sterk zuur / sterke oxidator. Dit is gevaarlijk bij gebruik (dus proces 2 verdient de voorkeur).
- In proces 2 wordt waterstofperoxide gebruikt. Dit levert explosiegevaar als het wordt verhit (dus proces 1 verdient de voorkeur).
- In proces 1 wordt cyclohexeen gebruikt. Cyclohexeen geeft gevaarlijke dampen (dus proces 2 verdient de voorkeur).
- In proces 1 ontstaat NO. Dit geeft gevaarlijke dampen / reageert heftig met brandbare stoffen (dus proces 2 verdient de voorkeur).
- In proces 2 ontstaat alleen water (als afval, dus proces 2 verdient de voorkeur).

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

19 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Doordat de glycerolmoleculen tussen de ketens komen, wordt de gemiddelde afstand tussen de ketens groter. De vanderwaalsbindingen tussen de ketens worden hierdoor zwakker, waardoor de ketens makkelijker langs elkaar kunnen bewegen (en het materiaal beter te vervormen wordt).

- notie dat door de glycerolmoleculen de afstand tussen de polymeerketens groter wordt 1
- conclusie dat hierdoor de vanderwaalsbindingen tussen de ketens zwakker worden, waardoor de ketens makkelijker langs elkaar kunnen bewegen (en het materiaal beter te vervormen wordt) 1