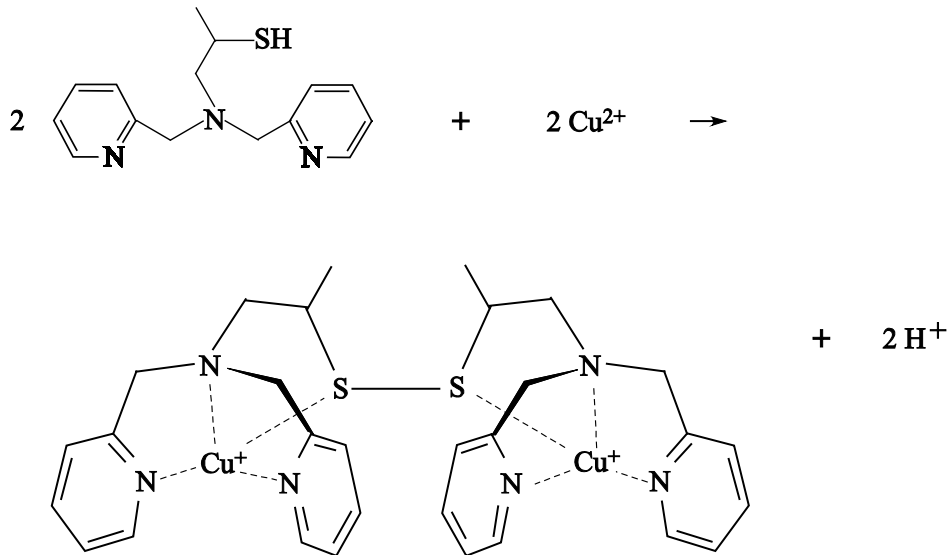


## Selectieve opname koolstofdioxide

### 1 maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- rechts van de pijl  $\text{H}^+$  1
- juiste coëfficiënten 1

Indien in een overigens juiste vergelijking  $\text{H}_2$  is geschreven in plaats van  $2 \text{ H}^+$ , waardoor de ladingsbalans niet in orde is 1

### 2 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

$$m/z = \frac{2 \times 670 + 4 \times 44}{4} = 379$$

of

$$m/z = \frac{4 \times 335 + 4 \times 44}{4} = 379$$

- berekening van de massa van een deeltje  $\text{Q}^{4+}$ : de massa van een deeltje  $\text{P}^{2+}$  vermenigvuldigen met 2 en optellen bij 4 maal de massa van een  $\text{CO}_2$  molecuul (bijvoorbeeld via Binas-tabel 25: 44 u) 1
- berekening van de verhouding  $m/z$ : de massa van een deeltje  $\text{Q}^{4+}$  delen door de lading van een deeltje  $\text{Q}^{4+}$  1

of

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

- berekening van de massa van een deeltje  $Q^{4+}$ : de massa van de helft van een deeltje  $P^{2+}$  vermenigvuldigen met 4 en optellen bij 4 maal de massa van een  $CO_2$  molecuul (bijvoorbeeld via Binas-tabel 25: 44 u) 1
- berekening van de verhouding  $m/z$ : de massa van een deeltje  $Q^{4+}$  delen door de lading van een deeltje  $Q^{4+}$  1

Indien een antwoord is gegeven als: „ $379 - 335 = 44$ , dit is de massa van een molecuul  $CO_2$ , dus er is  $Q^{4+}$ .” 1

*Opmerking*

*Wanneer in een overigens juist antwoord gebruik is gemaakt van Binas-tabel 98 of 99, leidend tot de molecuulmassa van  $CO_2$  van 44,01 u, dit goed rekenen.*

### 3 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Het deeltje  $Q^{4+}$  bevat 4  $CO_2$  moleculen / twee oxalaationen / twee  $C_2O_4^{2-}$  ionen, dus wordt de massa van een deeltje met 4 C-13 atomen erin 4 u hoger. De lading blijft 4+, dus de verhouding  $m/z$  wordt 1 hoger. Er wordt dus een piek gevonden bij  $m/z = 380$ .
- $m/z = \frac{2 \times 670 + 4 \times 45}{4} = 380$
- notie dat vier  $CO_2$  moleculen / twee oxalaationen / twee  $C_2O_4^{2-}$  ionen met daarin C-13 hebben gereageerd, waardoor de massa van het deeltje  $Q^{4+}$  met 4 toeneemt 1
- de lading  $z = 4$ , dus de verhouding  $m/z$  neemt met 1 toe en conclusie 1

*Opmerking*

*Wanneer een onjuist antwoord op vraag 3 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 2, dit antwoord op vraag 3 goed rekenen.*

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

**4 maximumscore 2**

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Laat het mengsel met daarin  $P^{2+}$  enige tijd in contact komen met een mengsel van  $CO_2$  en  $O_2$ . In het massaspectrum kan een piek bij  $m/z = 379$  worden gevonden.
- Laat het mengsel met daarin  $P^{2+}$  enige tijd in contact komen met een mengsel van  $CO_2$  en  $O_2$ . Analyseer daarna het gasmengsel. Als de  $[CO_2]$  / het aantal mol  $CO_2$  is afgenomen (en de  $[O_2]$  / het aantal mol  $O_2$  niet is afgenomen), heeft  $CO_2$  gereageerd.
- Laat het mengsel met daarin  $P^{2+}$  enige tijd in contact komen met een mengsel van  $CO_2$  en  $O_2$ . Het massaspectrum zal hetzelfde zijn als het massaspectrum van  $Q^{4+}$ .

- experiment met een mengsel van  $O_2$  en  $CO_2$  1
- notie dat in het massaspectrum een piek bij  $m/z = 379$  kan worden gevonden / de  $[CO_2]$  is afgenomen (en de  $[O_2]$  / het aantal mol  $O_2$  niet is afgenomen) / het massaspectrum hetzelfde zal zijn als het massaspectrum van  $Q^{4+}$  1

Indien een antwoord is gegeven als: „In een experiment  $P^{2+}$  in contact laten komen met  $O_2$  en in een ander experiment  $P^{2+}$  in contact laten komen met  $CO_2$ . Uitsluitend in het tweede experiment wordt  $m/z = 379$  gevonden. Dus reageert  $CO_2$  en  $O_2$  niet, dus als  $CO_2$  en  $O_2$  gelijktijdig aanwezig zijn, reageert  $CO_2$ .” 1

*Opmerking*

*Wanneer in een overigens juist antwoord is vermeld dat de massa's van de stoffen voor en na de reactie moeten worden bepaald, dit goed rekenen.*

**5 maximumscore 5**

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

$$0,55 - \left( \frac{\left( \frac{24 \times 10^{-3}}{101,9} \times 2 \times \frac{10^2}{95} \times 24,5 \right)}{5,0} \times 10^2 \right) = 0,31 \text{ (vol\%)}$$

of

$$\left( \frac{0,55}{10^2} \times 5,0 \times 10^3 - \left( \frac{24}{101,9} \times 2 \times \frac{10^2}{95} \times 24,5 \right) \right) \times \frac{10^2}{5,0 \times 10^3} = 0,31 \text{ (vol\%)}$$

- berekening van het aantal mol  $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ : 24 (mg) vermenigvuldigen met  $10^{-3}$  ( $\text{g mg}^{-1}$ ) en delen door de massa van een mol  $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$  (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 101,9 g) 1
- omrekening van het aantal mol  $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$  naar het aantal mol  $\text{CO}_2$  dat heeft gereageerd: het aantal mol  $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$  vermenigvuldigen met 2 en vermenigvuldigen met  $10^2$  en delen door 95 1
- omrekening van het aantal mol  $\text{CO}_2$  dat heeft gereageerd naar het aantal L  $\text{CO}_2$ : het gevonden aantal mol  $\text{CO}_2$  dat heeft gereageerd vermenigvuldigen met 24,5 ( $\text{L mol}^{-1}$ ) 1
- berekening van de vermindering van het volumepercentage  $\text{CO}_2$  in de lucht: het aantal L  $\text{CO}_2$  delen door 5,0 (L) en vermenigvuldigen met  $10^2$  1
- berekening van het volumepercentage  $\text{CO}_2$  in de lucht na behandeling: de vermindering van het volumepercentage  $\text{CO}_2$  aftrekken van het volumepercentage  $\text{CO}_2$  in de onbehandelde lucht 1

of

- berekening van het aantal mL  $\text{CO}_2$  in de lucht voor de behandeling: 0,55 delen door  $10^2$  en vermenigvuldigen met 5,0 (L) en met  $10^3$  ( $\text{mL L}^{-1}$ ) 1
- berekening van het aantal mmol  $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ : 24 (mg) delen door de massa van een mmol  $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$  (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 101,9 mg) 1
- omrekening van het aantal mmol  $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$  naar het aantal mmol  $\text{CO}_2$  dat heeft gereageerd: het aantal mmol  $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$  vermenigvuldigen met 2 en met  $10^2$  en delen door 95 1
- omrekening van het aantal mmol  $\text{CO}_2$  dat heeft gereageerd naar het aantal mL  $\text{CO}_2$ : het gevonden aantal mmol  $\text{CO}_2$  dat heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 24,5 ( $\text{mL mmol}^{-1}$ ) 1
- berekening van het volumepercentage  $\text{CO}_2$  in de behandelde lucht: het gevonden aantal mL  $\text{CO}_2$  dat heeft gereageerd, aftrekken van het aantal mL  $\text{CO}_2$  dat in de onbehandelde lucht zat en de uitkomst daarvan delen door  $5,0 \cdot 10^3$  (mL) en vermenigvuldigen met  $10^2$  1

Indien in een overig juist antwoord gebruik is gemaakt van een andere waarde voor het aantal L van een mol gas 4

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

**6 maximumscore 2**

Voorbeelden van juiste vragen zijn:

- Wat is er bekend over de snelheid van de reactie tussen  $\text{CO}_2$  en het kopercomplex?
- Is al onderzoek gedaan naar mogelijke problemen bij het opschalen van dit proces?
- Wat is bekend over de giftigheid en/of de milieubelasting van het kopercomplex/lithiumoxalaat?
- Hoeveel energie is nodig bij de elektrolyse die wordt toegepast om de koperverbinding te regenereren?
- Is de methode op grote schaal uitvoerbaar?
- Zijn oxalaationen nuttig toepasbaar?
- Is de productie van  $\text{P}^{2+}$  duurzaam?

Voorbeelden van onjuiste vragen zijn:

- Is het mogelijk om teveel  $\text{CO}_2$  te vangen en is dat schadelijk?
  - Hoe duur is het om  $\text{P}^{2+}$  te maken?
  - Is (het gebruik van)  $\text{P}^{2+}/\text{Q}^{4+}$  milieuvriendelijk/duurzaam?
  - Hoe lang gaat  $\text{P}^{2+}/\text{Q}^{4+}$  mee?
- 
- vraag over de reactiesnelheid of het evenwicht van de gebruikte reactie / vraag over de technologische problemen bij het opschalen van het proces 1
  - vraag over de giftigheid van het (de) kopercomplex(en) / de milieubelasting van de koperverbinding / vraag over de hoeveelheid energie die bij de elektrolyse nodig is 1