

Selectieve opname koolstofdioxide

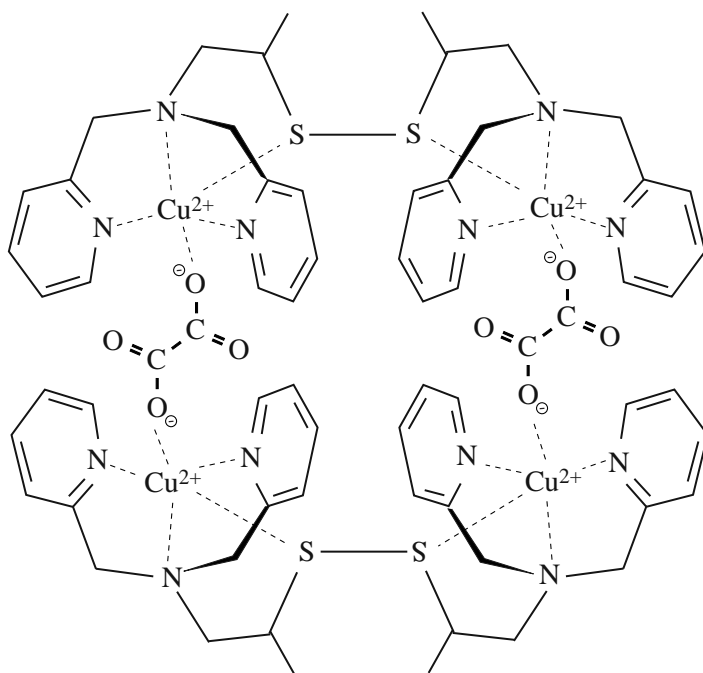
Aan de Universiteit van Leiden wordt onderzoek gedaan naar een methode om koolstofdioxide te binden. Bij deze methode wordt gebruikgemaakt van een koper(I)complex dat wordt aangeduid met P^{2+} . Men maakt dit complex door Cu^{2+} ionen te laten reageren met moleculen van een organische stof R-SH. De reactie tussen Cu^{2+} en R-SH is een redoxreactie, waarbij P^{2+} gevormd wordt. De vergelijking van de reactie tussen Cu^{2+} en R-SH is met schematische structuurformules onvolledig weergegeven op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

- 2p 1 Maak de vergelijking van de reactie tussen R-SH en Cu^{2+} op de uitwerkbijlage volledig.

Dat het koper(I)complex P^{2+} is gevormd, wordt aangetoond met behulp van massaspectrometrie. In het massaspectrum wordt onder andere een piek aangetroffen bij $m/z = 335$. Deze piek wordt toegeschreven aan het deeltje P^{2+} waarin uitsluitend de isotoop Cu-63 aanwezig is. Dit deeltje P^{2+} heeft $m = 670$ en $z = 2+$.

Als een oplossing van P^{2+} aan de lucht wordt blootgesteld, ontstaan langzaam groenblauwe kristallen. Het blijkt dat de Cu^+ ionen worden omgezet in Cu^{2+} ionen. In deze reactie reageert niet zuurstof als oxidator, maar CO_2 . Hierbij ontstaat een nieuw complex Q^{4+} dat wordt gevormd uit twee deeltjes P^{2+} en 4 moleculen CO_2 . In figuur 1 is dit deeltje Q^{4+} met behulp van een schematische structuurformule weergegeven.

figuur 1



Dat dit deeltje Q^{4+} is gevormd, heeft men onder andere uit het massaspectrum van het reactieproduct afgeleid: daarin heeft men een piek gevonden bij $m/z = 379$. Deze waarde geldt voor Q^{4+} waarin van Cu en C alleen de isotopen Cu-63 en C-12 voorkomen. Dat CO_2 heeft gereageerd, heeft men kunnen bevestigen door een aanvullend experiment waarbij men gebruikmaakte van CO_2 met daarin uitsluitend de isotoop C-13.

- 2p **2** Laat met behulp van een berekening zien dat de piek bij $m/z = 379$ verwijst naar het deeltje Q^{4+} .
- 2p **3** Leg uit bij welke m/z waarde een piek zal voorkomen bij het aanvullende experiment, waarbij alle CO_2 moleculen het C-13 atoom bevatten.

Men kan een experiment uitvoeren, waarmee kan worden aangetoond dat CO_2 de oxidator is bij gelijktijdige aanwezigheid van koolstofdioxide en zuurstof.

- 2p **4** Geef een beschrijving van zo'n experiment. Geef aan hoe uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat bij gelijktijdige aanwezigheid van koolstofdioxide en zuurstof de oxidator koolstofdioxide is.

Een oplossing met daarin Q^{4+} , waarin koolstofdioxide uit de lucht is gebonden, kan worden geëlektrolyseerd. Hierbij wordt het complex P^{2+} weer gevormd en ontstaan oxalaationen. Als in de oplossing lithiumionen aanwezig zijn, ontstaat een neerslag van lithiumoxalaat ($Li_2C_2O_4$).

Studenten voeren een experiment uit met 5,0 L lucht afkomstig uit een niet goed geventileerde ruimte. Het volumepercentage CO_2 in de lucht is vóór behandeling 0,55 volumeprocent. Ze laten de lucht enige tijd met een oplossing van P^{2+} in aanraking komen. Vervolgens wordt het ontstane mengsel geëlektrolyseerd in aanwezigheid van lithiumionen. De massa van het ontstane neerslag van lithiumoxalaat blijkt 24 mg te zijn.

- 5p **5** Bereken hoeveel volumeprocent koolstofdioxide de lucht na de behandeling bevat. Neem aan dat:
- het volume van de lucht na de behandeling nog steeds 5,0 L is;
 - alle lithiumoxalaat is neergeslagen;
 - het molair volume voor gassen bij de proefomstandigheden $24,5 \text{ L mol}^{-1}$ is;
 - de elektrolysereactie, waarbij het complex Q^{4+} wordt geregenereerd tot P^{2+} , voor 95% is verlopen.

De studenten vragen zich af of de methode geschikt is om op grote schaal het broeikas effect te bestrijden. Om een afweging te kunnen maken, hebben ze op een aantal vragen nog antwoorden nodig. Ze sturen een e-mail naar de onderzoekers, waarin ze enkele vragen stellen over het proces.

- 2p **6** Schrijf twee vragen op die de studenten in een dergelijke e-mail aan de onderzoekers kunnen stellen:
- één over een scheikundig en/of technologisch aspect;
 - één over een toxicologisch en/of duurzaamheidsaspect.

uitwerkbijlage

1

