

Bacteriën maken zwavel

-Vragen en opdrachten bij de poster-

3 vwo

Probleem: Zuur gas

- T1 Waterstofsulfide ontstaat bij de afbraak van zwavelhoudende organische stoffen. Daarom ruik je het vaak in de buurt van modderige slootjes waarin plantaardig materiaal ligt te rotten.
Hoe verklaar je dat het gas ook voorkomt in aardgas?

Gevolg: Zwavelzuur in regen

- E1 Zure regen tast vooral kalksteen heel sterk aan, waardoor oude gebouwen en beelden soms helemaal vernield kunnen worden. Kalksteen bestaat voor een groot deel uit de stof calciumcarbonaat.
Onderzoek na overleg met je docent hoe een zwavelzuuroplossing reageert met calciumcarbonaat. Noteer alle belangrijke waarnemingen en beschrijf vooral zo nauwkeurig mogelijk wat er met het materiaal kalksteen gebeurt.
Onderzoek ook of de zwavelzuuroplossing door deze reactie minder zuur wordt.
- T2 Met welk reagens kun je de aanwezigheid van zwaveldioxide aantonen?
- T3 Vooral bij allerlei verbrandingsprocessen ontstaat zwaveldioxide. Men mag dan de verbrandingsproducten niet zomaar de lucht in sturen. Er zijn verschillende manieren om deze stof uit de verbrandingsgassen te verwijderen. In één ervan produceert men tegelijkertijd ook nog een bruikbaar bouw materiaal. Men maakt hier namelijk gips, dat zonder problemen verwerkt kan worden tot gipsblokken voor de huizenbouw.
Voordat de verbrandingsproducten de schoorsteen in gaan, komen ze in een speciale zuiveringsinstallatie waarin de zwaveldioxide uit het gasmengsel gehaald wordt. Het reageert daar namelijk met de vaste stof calciumcarbonaat (formule CaCO_3) en met zuurstof tot koolstofdioxide en gips (calciumsulfaat, formule CaSO_4).
Stel de reactievergelijking op van deze reactie.

Chemisch antwoord: Claus proces

- T4 In de eerste stap reageert een deel van de waterstofsulfide tot zwaveldioxide. In de tweede stap reageert de rest.
Probeer aan de hulp van de reactievergelijkingen te beredeneren welk deel van de waterstofsulfide al in de eerste stap reageert.



Biologisch antwoord: Bacteriën maken zwavel

- T5 In de bezinker kan de vaste zwavel worden afgescheiden omdat het zwaarder is dan water. Maar je kunt niet zomaar iedere zware stof die in water aanwezig is, zo makkelijk laten bezinken. Dank zij welke stofeigenschap kan dit met zwavel wel?
- T6 Stel dat de bezinker niet snel genoeg werkt.
Welke andere methoden kun je bedenken om de zwavel af te scheiden van de reactorvloeistof?
- T7 In de tekst staan een paar ongebruikelijke termen.
a. Hoe komt de *gaswasser* aan zijn naam?
b. Wat betekent *gesuspendeerd*?
c. *Gerecycled* betekent vaak 'hergebruikt'. Wat betekent het woord hier?
- T8 De bacteriën zetten de waterstofsulfide-ionen niet zomaar voor de grap om in zwavel. Uit deze reactie halen ze hun energie om in leven te blijven.
Uit welke reactie met zuurstof halen de meeste dieren hun energie?

Toepassing van Bio-zwavel

- T9 Hoewel ook biologische zwavel niet echt in water oplost, mengt het beter met water dan gewone zwavel. Het vormt dus makkelijker een suspensie.
Waardoor zouden deze eigenschappen van biologische zwavel veroorzaakt kunnen worden?
- T10 Het grootste deel van de zwavel die wordt geproduceerd in het Claus proces, wordt gebruikt voor de productie van vrijwel zuiver, vloeibaar zwavelzuur. Dat gaat in drie stappen:
1. De verbranding van zwavel tot het gas zwaveldioxide.
2. De verbranding van zwaveldioxide tot het gas zwaveltrioxide.
3. De reactie van zwaveltrioxide met water tot zwavelzuur.
Geef van deze drie reacties de vergelijkingen. Vergeet de toestandsaanduidingen niet.
- E2 Doe in een reageerbuis een spatelpuntje chemische zwavel. Voeg dan twee centimeter gedestilleerd water toe. Kijk waar de korreltjes zwavel zich nu bevinden. Schud een tijdlang goed. Beschrijf de inhoud van de buis.
Herhaal deze handelingen met biologische zwavel in een tweede reageerbuis. Vergelijk het uiterlijk van de beide buizen.
Geef een verklaring voor de verschillen tussen de beide suspensies.
- E3 Je kunt je afvragen of chemische zwavel en biologische zwavel wel dezelfde stof zijn. De kleur verschilt nogal en het gedrag in water ook. In dit experiment ga je proberen overeenkomsten te ontdekken in smeltpunt, in kleur in de vloeibare fase en in brandgedrag.



- Klem een gewone metalen spatel met het uiteinde in een statiefklem, zodat de rest van de spatel er horizontaal uit steekt. Leg nu (met behulp van een microspatel) op het platte uiteinde twee heel dunne lijntjes zwavelpoeder in de lengte van de spatel naast elkaar; aan de ene kant chemische zwavel en aan de andere kant de biologische zwavel. De lijntjes moeten ongeveer 2 cm lang zijn en 2 mm breed. Ze mogen elkaar niet raken.
- Verhit nu met een brander met een ruisende vlam de steel van de spatel. Het uiteinde zal hierdoor langzaam warm worden. De lijntjes zwavel zullen gaan smelten, het eerste aan de kant van de steel. Als het smelten van de lijntjes ongeveer gelijk loopt, zullen de beide stoffen ongeveer hetzelfde smeltpunt hebben.
- Let tijdens en na het smelten op de kleur. Hebben de beide lijntjes vloeibare zwavel dezelfde kleur?
- Na het smelten zal de zwavel waarschijnlijk gaan branden. Let op de kleur van de vlam.

- Noteer nauwkeurig je waarnemingen.
- Leg uit dat in beide soorten poeder waarschijnlijk dezelfde stof zwavel aanwezig is.
- Geef ook een verklaring voor de verschillen in het uiterlijk van de vaste stoffen.



4 vwo

Probleem: Zuur gas

- T1 Waterstofsulfide ontstaat bij de afbraak van zwavelhoudende organische stoffen. Welke organische stoffen zouden dat kunnen zijn? Gebruik eventueel tabel 67 van het Binas-tabellenboek.
- T2 Aan welke stof danken rotte eieren hun geur?

Gevolg: Zwavelzuur in regen

- E1 Zure regen tast vooral kalksteen heel sterk aan, waardoor oude gebouwen en beelden soms helemaal vernield kunnen worden. Kalksteen bestaat voor een groot deel uit de stof calciumcarbonaat. Onderzoek na overleg met je docent hoe een zwavelzuuroplossing reageert met calciumcarbonaat. Noteer alle belangrijke waarnemingen en beschrijf vooral zo nauwkeurig mogelijk wat er met het materiaal kalksteen gebeurt. Onderzoek ook of de zwavelzuuroplossing door deze reactie minder zuur wordt.
- T3 In de moleculaire stoffen waterstofsulfide en zwavelzuur heeft zwavel de covalentie 2 respectievelijk 6. Teken de structuurformules van waterstofsulfide en zwavelzuur.

Chemisch antwoord: Claus proces

- T4 Het Claus proces omvat twee verschillende reacties, waardoor uiteindelijk vrijwel alle waterstofsulfide wordt omgezet in zwavel. Ook van dit totale productieproces kun je een reactievergelijking opstellen, de totaalvergelijking. Je moet dan de beide gegeven vergelijkingen met elkaar combineren. Daarvoor bestaat het volgende recept:
- In de eerste vergelijking zie je 2 $\text{SO}_2(\text{g})$ ontstaan. Die reageren natuurlijk allebei door volgens de tweede vergelijking. Maar daarin staat maar één $\text{SO}_2(\text{g})$.
 - Vermenigvuldig daarom alle coëfficiënten in de tweede vergelijking met 2.
 - Schrijf de eerste vergelijking en de verdubbelde tweede vergelijking onder elkaar.
 - Zet er een grote streep onder en tel de beide vergelijkingen bij elkaar op: doe gewoon alle formules links van de pijlen inclusief de coëfficiënten bij elkaar en doe hetzelfde bij de formules rechts van de pijlen.
 - Je hebt nu een nieuwe, gecombineerde vergelijking.
 - Je ziet in deze nieuwe vergelijking dat een aantal formules zowel links als rechts van de pijl staat. Streep die formules aan beide kanten van de pijl door.
 - Vereenvoudig de coëfficiënten van deze vergelijking door ze allemaal door hetzelfde getal te delen.



Als alles goed gegaan is, heb je nu de totaalvergelijking geconstrueerd. Vergelijk hem met de laatste vergelijking in het deel 'Biologisch antwoord: Bacteriën maken zwavel'.

Biologisch antwoord: Bacteriën maken zwavel

- T5 In vraag T4 staat hoe je twee reactievergelijkingen kunt combineren tot een totaalvergelijking.
Laat op een vergelijkbare wijze zien, dat je de eerste twee vergelijkingen van de biologische gasontzwingeling kunt combineren tot de derde (totaal)vergelijking.
- T6 Wat kun je zeggen van het gasmengsel dat boven de bioreactor in het schema aangeduid wordt met 'lucht uit'?
- T7 Men probeert dit soort ontzwingingsinstallaties in een continuproces te laten werken. Dat wil zeggen dat de aan- en afvoer van stoffen voortdurend plaats vindt en dat de situatie in en rond de reactor vrijwel constant gehouden wordt. De reactor staat dus nooit stil.
Om een echt continuproces te bereiken, zitten er aan de installatie nog wel een aantal voorzieningen die niet in het schema getekend zijn.
- Ondanks de recycling moet er af en toe toch natriumhydroxide bij. Waar verdwijnt die dan?
 - Het verdwijnen van de wasvloeistof gaat niet per ongeluk. Het is zelfs noodzakelijk. Waarom?
 - De bacteriën vermeerderen zich, maar ze worden ook weer afgevoerd. Waar gebeurt dat?
- T8 Bij het afdrukken van de foto van de bacterie is een beetje geknoeid met het formaat. Onderaan de foto staat een streepje met daarnaast de lengte ervan: 100 nanometer.
Meet het streepje en bereken de werkelijke vergroting van de foto.
Bereken ook hoe groot de bacterie in werkelijkheid is.

Toepassing van Bio-zwavel

- T9 In de tekst wordt de term hydrofiel ('van water houdend') gebruikt. Het tegenovergestelde is hydrofoob ('bang voor water'). Heel erg hydrofiel is de biologische zwavel trouwens niet. Hij lost in elk geval niet op in water.
Welke termen gebruiken wij tegenwoordig voor hydrofiel en hydrofoob?
- E2 Doe in een reageerbuis een spatelpuntje chemische zwavel. Voeg dan twee centimeter gedestilleerd water toe. Kijk waar de korreltjes zwavel zich nu bevinden. Schud een tijdlang goed. Beschrijf de inhoud van de buis.
Herhaal deze handelingen met biologische zwavel in een tweede reageerbuis. Vergelijk het uiterlijk van de beide buizen.



Geef een verklaring voor de verschillen tussen de beide suspensies.

E3 Je kunt je afvragen of chemische zwavel en biologische zwavel wel dezelfde stof zijn. De kleur verschilt nogal en het gedrag in water ook. In dit experiment ga je proberen overeenkomsten te ontdekken in smeltpunt, in kleur in de vloeibare fase en in brandgedrag.

- Klem een gewone metalen spatel met het uiteinde in een statiefklem, zodat de rest van de spatel er horizontaal uit steekt. Leg nu met (behulp van een microspatel) op het platte uiteinde twee heel dunne lijntjes zwavelpoeder in de lengte van de spatel naast elkaar; aan de ene kant chemische zwavel en aan de andere kant de biologische zwavel. De lijntjes moeten ongeveer 2 cm lang zijn en 2 mm breed. Ze mogen elkaar niet raken.
- Verhit nu met een brander met een ruisende vlam de steel van de spatel. Het uiteinde zal hierdoor langzaam warm worden. De lijntjes zwavel zullen gaan smelten, het eerste aan de kant van de steel. Als het smelten van de lijntjes ongeveer gelijk loopt, zullen de beide stoffen ongeveer hetzelfde smeltpunt hebben.
- Let tijdens en na het smelten op de kleur. Hebben de beide lijntjes vloeibare zwavel dezelfde kleur?
- Na het smelten zal de zwavel waarschijnlijk gaan branden. Let op de kleur van de vlam.
- Noteer nauwkeurig je waarnemingen.
- Leg uit dat in beide soorten poeder waarschijnlijk dezelfde stof zwavel aanwezig is.
- Geef ook een verklaring voor de verschillen in het uiterlijk van de vaste stoffen.

