

## ■ Rookgasreiniging

*Deze opgave gaat over het artikel „Rook: bacteriën lusten er wel pap van!” dat is afgedrukt in het informatieboekje dat bij dit examen is verstrekt. Lees eerst dit artikel en beantwoord vervolgens de vragen van deze opgave.*

In het artikel wordt aardgas „schoon” genoemd (regel 6).

- 1p **8**  Geef het argument uit het artikel om aardgas „schoon” te noemen.

In het artikel worden stoffen genoemd die zure regen kunnen veroorzaken.

- 2p **9**  Geef de namen van twee zuren die uit de genoemde stoffen kunnen ontstaan.

Uit het artikel blijkt dat stikstofoxiden die in het milieu terechtkomen, op twee manieren kunnen ontstaan. Daarbij speelt de temperatuur waarbij de verbranding plaatsvindt, een belangrijke rol. De gegevens uit het artikel zijn op de volgende wijze samen te vatten:

- beneden 1100 °C ontstaan de stikstofoxiden alleen door ...(*manier 1*) ...
- boven 1100 °C ontstaan de stikstofoxiden zowel door ...(*manier 1*) ... als door ...(*manier 2*) ...

- 2p **10**  Hoe ontstaan de stikstofoxiden bij manier 1 en hoe ontstaan de stikstofoxiden bij manier 2? Noteer je antwoord als volgt:  
bij manier 1 ontstaan de stikstofoxiden door .....  
bij manier 2 ontstaan de stikstofoxiden door .....

Olie en kolen zijn altijd stikstofhoudend (regel 19). Dit komt doordat olie en kolen zijn ontstaan uit resten van planten en dieren die stikstofhoudende stoffen bevatten.

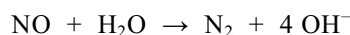
- 1p **11**  Geef de naam van een soort stikstofhoudende stoffen die in planten en dieren voorkomt.

- 3p **12**  Bereken hoeveel kg stikstofmono-oxide (NO) ontstaat door verbranding van de stikstofhoudende stoffen in  $1,0 \cdot 10^3$  kg steenkool. Gebruik bij je berekening onder andere gegevens uit regel 19 van het artikel en neem aan dat alleen stikstofmono-oxide ontstaat.

- 2p **13**  Leg uit, aan de hand van gegevens uit het artikel, dat er bij gebruikmaking van moderne verbrandingstechnologieën (de regels 28 tot en met 31) schonere rookgassen ontstaan.

- 3p **14**  Geef de vergelijking van de reactie die beschreven is in de regels 33 en 34. Gebruik NO als formule voor de stikstofoxiden.

De reactie tussen ammoniak en stikstofmono-oxide is een redoxreactie. De vergelijking van de halfreactie van de oxidator is hieronder gedeeltelijk weergegeven. Enkele coëfficiënten en  $e^-$  zijn weggelaten.



- 2p **15**  Neem deze onvolledige vergelijking over, voeg aan de juiste kant van de pijl  $e^-$  toe en maak de vergelijking kloppend door de juiste coëfficiënten in te vullen.

- 2p **16**  Welk effect heeft vernevelen (regels 42 en 43) op de snelheid van het oplossen van de stikstofoxiden? Geef een verklaring voor je antwoord.

# Eindexamen scheikunde havo 2005-I

havovwo.nl

---

In de laatste zin van het artikel wordt gesteld dat in het proces dat in de bacteriën plaatsvindt als enige „bijproducten” (reactieproducten) stikstof en water ontstaan. Toch moet nog minstens één ander product ontstaan. Dit blijkt als je een overzicht maakt van de atoomsoorten die voorkomen in alle (soorten) stoffen die zijn genoemd bij het proces dat in de bacteriën plaatsvindt.

- 2p 17  Maak zo'n overzicht. Neem daartoe onderstaande tabellen over en vul daarin de namen van de (soorten) stoffen en de symbolen van de atoomsoorten in.

*Als voorbeeld is voor de stikstofoxiden de eerste tabel reeds ingevuld.*

Voor de reactie	
(soort) stof	atoomsoort(en)
<i>stikstofoxiden</i>	<i>N en O</i>

Na de reactie	
(soort) stof	atoomsoort(en)

- 1p 18  Leg uit aan de hand van het bij vraag 17 gemaakte overzicht, dat bij de omzetting die in de bacteriën plaatsvindt, behalve stikstof en water, nog minstens één andere stof moet ontstaan.

## Informatieboekje

Onderstaand artikel hoort bij de vragen 8 tot en met 18.

artikel

## ROOK: BACTERIËN LUSTEN ER WEL PAP VAN!

- 1 Zolang het nog niet mogelijk is om al onze benodigde energie op een schone manier op
- 2 te wekken zullen er fossiele brandstoffen zoals olie, gas en kolen moeten worden
- 3 verbrand. Met rook als bijproduct. De Nederlandse industrie ontwikkelt een
- 4 milieuvriendelijke methode om rook te ontdoen van een aantal schadelijke bestanddelen.
- 5 Een methode waarbij bacteriën het vuile werk doen.

### 6 **Schoon aardgas**

- 7 Rook bestaat voornamelijk uit koolstofdioxide, roet en water en bevat daarnaast
- 8 allerlei gassen die een schadelijk effect op het milieu kunnen hebben, zoals
- 9 zwaveldioxide en stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ).  $\text{NO}_x$  is een verzamelnaam voor
- 10 stikstofmono-oxide en stikstofdioxide.  $\text{NO}_x$  in rookgas bestaat voornamelijk uit
- 11 stikstofmono-oxide en voor een klein deel uit stikstofdioxide. Stikstofoxiden zijn
- 12 samen met zwaveldioxide de belangrijkste oorzaak van zure regen.
- 13 Stikstofoxiden ontstaan altijd wanneer fossiele brandstoffen worden verbrand bij
- 14 temperaturen boven  $1100^\circ\text{C}$ . Bij die hoge temperaturen reageren zuurstof en
- 15 stikstof uit de lucht met elkaar tot stikstofoxiden. Het is dus belangrijk om bij
- 16 verbrandingsprocessen de temperatuur onder de  $1100^\circ\text{C}$  te houden. Maar diesel
- 17 verbrandt nou juist het beste rond deze temperatuur.
- 18 Bovendien ontstaan ook onder de  $1100^\circ\text{C}$  stikstofoxiden als de brandstof zelf
- 19 stikstofhoudend is. Omdat olie en kolen voor 2 massaprocent uit stikstof bestaan,
- 20 zijn deze brandstoffen de belangrijkste oorzaak van de uitstoot van stikstofoxiden.
- 21 Alleen aardgas is niet stikstofhoudend en is daarom een van de schoonste fossiele
- 22 brandstoffen.

### 23 **Puntbronnen aanpakken**

- 24 De grootste bron van stikstofoxiden is het autoverkeer. Daarnaast zijn er een aantal
- 25 zogenaamde puntbronnen, plaatsen waar heel veel stikstofoxiden worden
- 26 uitgestoten, zoals kolen- en oliegestookte energiecentrales. De metaal- en
- 27 ertsverwerkende industrie is ook een belangrijke bron.
- 28 De puntbronnen kunnen gemakkelijk aangepakt worden door de
- 29 verbrandingsprocessen goed te regelen en gebruik te maken van moderne
- 30 verbrandingstechnologieën. Daarbij wordt bijvoorbeeld zuivere zuurstof in plaats
- 31 van lucht gebruikt. Verder kan aan de rookgassen ammoniak worden toegevoegd.
- 32 Voordat het mengsel de schoorsteen verlaat, wordt het bij een temperatuur van
- 33  $400^\circ\text{C}$  geleid over een katalysator die allerlei edele metalen bevat. De ammoniak
- 34 reageert dan met de stikstofoxiden tot onschadelijk water en stikstof. Een nadeel
- 35 zijn de hoge kosten. Voor kleinere bedrijven is deze methode te kostbaar.

### 36 **Waterige soep**

- 37 Hiervoor blijkt nu een oplossing in zicht. In Nederland werken Biostar en
- 38 Akzo Nobel samen aan de ontwikkeling van een proces, waarbij de schadelijke
- 39 stikstofoxiden op biologische wijze worden omgezet in stikstof en water. Bij dit
- 40 proces wordt allereerst de rook afgekoeld tot ongeveer  $35^\circ\text{C}$ . Vervolgens wordt de
- 41 rook in contact gebracht met een waterige soep waarin speciale bacteriën leven.
- 42 Die soep wordt heel fijn verneveld waardoor de stikstofoxiden uit het rookgas in het
- 43 water oplossen. Tenslotte wordt er alcohol (ethanol) aan de soep toegevoegd en
- 44 krijgen de bacteriën in een grote tank de tijd om de stikstofoxiden te verwerken.
- 45 Zoals zoogdieren met zuurstof uit de lucht hun voedsel omzetten in energie, zo
- 46 gebruiken deze bacteriën de stikstofoxiden uit het rookgas om alcohol op te eten,
- 47 met als enige bijproducten onschadelijk stikstof en water!

naar: *Mens en Wetenschap*