

CO-meting

In een verkeerd afgestelde cv-ketel kan onvolledige verbranding van aardgas optreden. Daarbij kan, behalve water en koolstofdioxide, ook het giftige gas koolstofmono-oxide (CO) ontstaan.

3p 15 Geef de vergelijking voor de onvolledige verbranding van aardgas.

Neem aan dat:

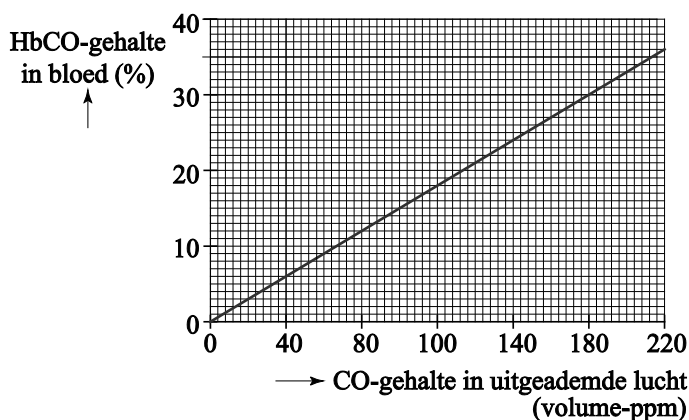
- aardgas alleen uit methaan bestaat;
- uitsluitend CO, koolstofdioxide en water ontstaan;
- CO en koolstofdioxide ontstaan in de molverhouding 1 : 2.

Koolstofmono-oxide is giftig doordat het zuurstof uit het lichaam verdringt. Bij inademing van schone lucht wordt zuurstof uit de lucht gebonden door het eiwit hemoglobine (Hb). Hierbij ontstaat oxyhemoglobine (HbO_2), dat zuurstof via de bloedbaan door het lichaam verspreidt. Wanneer lucht is verontreinigd met koolstofmono-oxide, wordt koolstofmono-oxide in plaats van zuurstof door Hb gebonden. Er ontstaat dan HbCO. Slechts een kleine concentratie koolstofmono-oxide leidt al tot een vergiftiging. Inademing van lucht die 0,10 volumeprocent koolstofmono-oxide bevat, leidt ertoe dat 50% van alle Hb-moleculen bindt met CO-moleculen en 50% van de Hb-moleculen bindt met O_2 -moleculen.

2p 16 Leid uit bovenstaande informatie af dat Hb-moleculen bij voorkeur aan CO-moleculen binden. Gebruik eventueel een gegeven uit Binas-tabel 83C of ScienceData-tabel 21.4.

Bij een vermoeden van CO-vergiftiging kan het CO-gehalte in de uitgeademde lucht worden gemeten met een CO-meter. Deze meting is mogelijk omdat koolstofmono-oxide dat aan hemoglobine is gebonden, ook weer kan loslaten en geleidelijk wordt uitgeademd. Uit de meetwaarde wordt vervolgens het HbCO-gehalte in het bloed berekend. Het verband tussen het CO-gehalte in de uitgeademde lucht en het HbCO-gehalte in het bloed is in de figuur weergegeven.

figuur



Bij een HbCO-gehalte van meer dan 12% is er sprake van CO-vergiftiging. Het CO-gehalte op de horizontale as is uitgedrukt in volume-ppm. 1 volume-ppm komt overeen met $1 \cdot 10^{-6}$ liter koolstofmono-oxide per liter lucht. Bij een meting blijkt de uitgeademde lucht van een persoon $3,0 \cdot 10^2 \mu\text{g}$ koolstofmono-oxide te bevatten. Het volume van de uitgeademde lucht van deze persoon was 4,0 L.

- 3p 17 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken het CO-gehalte in volume-ppm in de uitgeademde lucht van deze persoon. De dichtheid van koolstofmono-oxide is $1,25 \text{ g L}^{-1}$.
 - Leg uit met behulp van de figuur of er sprake is van CO-vergiftiging.

De werking van de CO-meter is gebaseerd op een redoxreactie in een elektrochemische cel. De uitgeademde lucht wordt langs een van de elektroden geleid. Het CO wordt daarbij omgezet tot CO_2 volgens onderstaande halfreactie.



Aan de andere elektrode van de CO-meter reageert zuurstof. Bij deze omzetting reageren ook H^+ -ionen.

- 3p 18 Geef de vergelijking van de andere halfreactie en de vergelijking van de totale reactie in de CO-meter. Gebruik Binas-tabel 48 of ScienceData-tabel 9.1F.

Iemand met een CO-vergiftiging moet snel schone lucht inademen die geen koolstofmono-oxide bevat. CO-moleculen die loslaten van Hb-moleculen worden dan verdrongen door de overmaat aan O_2 -moleculen die wordt ingeademd. De vrijgekomen Hb-moleculen binden vervolgens O_2 -moleculen in plaats van CO-moleculen. De snelheid waarmee de concentratie HbCO in het bloed afneemt is zodanig dat elke 5 uur de concentratie HbCO halveert. De concentratie HbCO in het bloed van een patiënt is $2,28 \text{ mmol L}^{-1}$.

- 2p 19 Bereken de gemiddelde snelheid in $\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ waarmee de concentratie HbCO gedurende de eerste 5,0 uur afneemt.

Een nadeel van de inademing van lucht is dat het lang duurt voordat de concentratie HbCO op een niet-giftig niveau is gekomen. Bij ernstige CO-vergiftiging wordt daarom vaak beademd met zuivere zuurstof. De tijd die nodig is om de concentratie HbCO te halveren wordt dan teruggebracht tot 1,0 uur.

- 2p 20 Leg uit, met behulp van het botsende-deeltjesmodel, dat bij beademden met zuivere zuurstof een lege bindingsplek in een Hb-molecuul sneller wordt gevuld door een O_2 -molecuul dan bij het inademen van lucht.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.