

## 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:

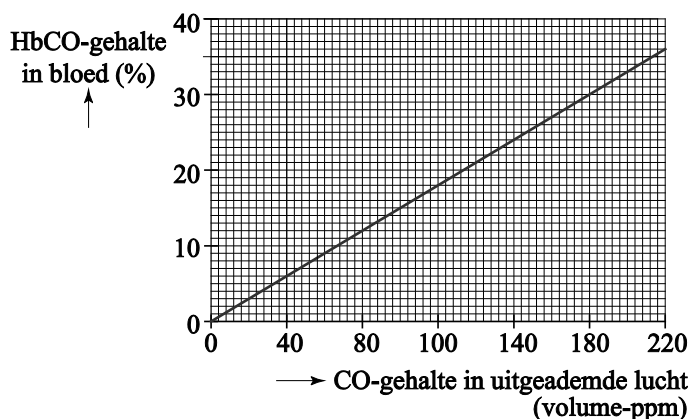
- aardgas alleen uit methaan bestaat;
- uitsluitend CO, koolstofdioxide en water ontstaan;
- CO en koolstofdioxide ontstaan in de molverhouding 1 : 2.

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 ( $\text{HbO}_2$ ), 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  $\text{O}_2$ -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  $\text{CO}_2$  volgens onderstaande halfreactie.



Aan de andere elektrode van de CO-meter reageert zuurstof. Bij deze omzetting reageren ook  $\text{H}^+$ -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  $\text{O}_2$ -moleculen die wordt ingeademd. De vrijgekomen Hb-moleculen binden vervolgens  $\text{O}_2$ -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 beademen met zuivere zuurstof een lege bindingsplek in een Hb-molecuul sneller wordt gevuld door een  $\text{O}_2$ -molecuul dan bij het inademen van lucht.