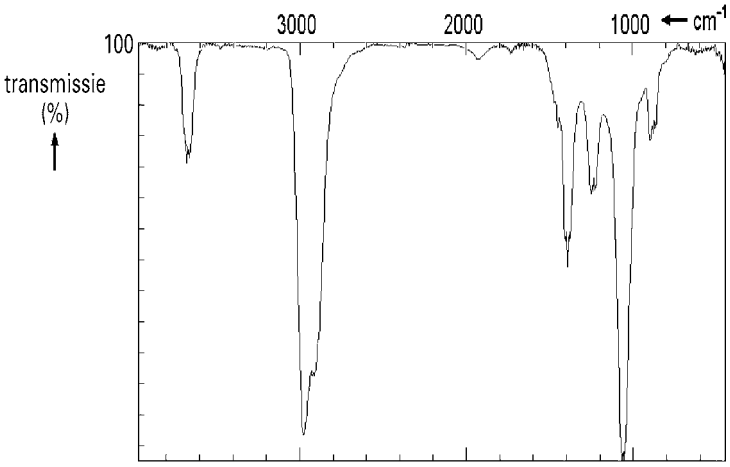
Alcoholtest

In Nederland zijn twee soorten meetinstrumenten in gebruik om het alcoholgehalte in de adem te meten. De ene soort, de Datamaster II, maakt uitsluitend gebruik van infraroodspectroscopie.
Het infraroodspectrum van alcohol in de gasfase is afgebeeld in figuur 2.

figuur 2



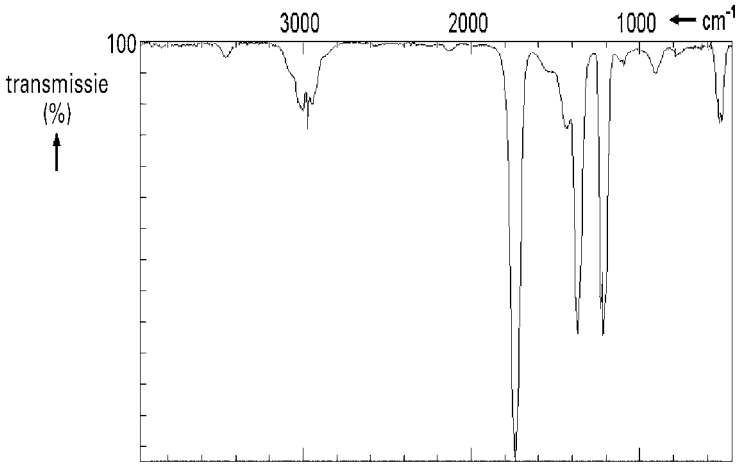
Infraroodspectrum van zuivere alcohol in de gasfase

In Binas staan gegevens over infraroodspectroscopie. Voor alcoholen in de vloeibare fase staat daar vermeld dat de O – H strekvibratie een absorptiegebied heeft dat loopt van 3200 cm^{-1} tot 3525 cm^{-1}. In het afgebeelde spectrum in figuur 2 loopt het absorptiegebied van de O – H strekvibratie van ongeveer 3600 cm^{-1} tot ongeveer 3750 cm^{-1}.

2p **17** □ Geef mede aan de hand van een gegeven uit Binas-tabel 38 A1 aan waarom het absorptiegebied van de O – H strekvibratie in het infraroodspectrum van alcohol in de gasfase afwijkt van het absorptiegebied van de O – H strekvibratie in het infraroodspectrum van alcohol in de vloeistoffase.

Om van verkeersdeelnemers het ademalcoholgehalte te bepalen, gebruikt de Datamaster II het absorptiegebied tussen 2900 cm^{-1} en 3000 cm^{-1}. Bij twee golflengten in dit gebied wordt de transmissie gemeten. Vervolgens wordt met deze transmissiewaarden twee keer het ademalcoholgehalte berekend. Als de twee berekende gehalten aan elkaar gelijk zijn, is het ademalcoholgehalte van de verkeersdeelnemer daarmee vastgesteld.
Sommige stoffen storen deze bepaling, bijvoorbeeld aceton. Mensen met suikerziekte hebben soms aceton in hun uitgeademde lucht. Het infraroodspectrum van aceton in de gasfase is afgebeeld in figuur 3.

figuur 3

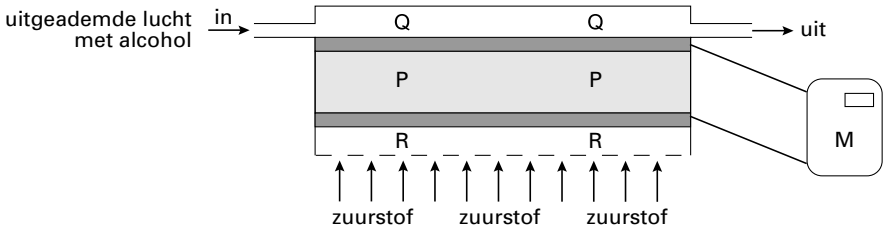


Infraroodspectrum van zuivere aceton in de gasfase

2p **18** ☐ Leg aan de hand van de figuren 2 en 3 uit waarom voor mensen met onder andere ook aceton in hun uitgeademde lucht het alcoholgehalte door de Datamaster II niet kan worden berekend.

Het andere soort meetinstrument dat in Nederland wordt gebruikt, is de Alcotest 7110. In dit instrument wordt het ademalcoholgehalte eveneens twee keer berekend. Een keer aan de hand van een meting met behulp van infraroodspectroscopie en een keer aan de hand van een meting met behulp van een ingebouwde elektrochemische cel. Nadat in de Alcotest 7110 de uitgeademde lucht door de infraroodspectrometer is gegaan, wordt 1,0 mL van diezelfde uitgeademde lucht in de elektrochemische cel gepompt. Als het ademalcoholgehalte via beide methoden dezelfde uitkomst geeft dan zijn geen storende stoffen aanwezig en is het alcoholgehalte van de uitgeademde lucht correct vastgesteld.
De elektrochemische cel is schematisch in figuur 4 afgebeeld.

figuur 4



De poreuze plaat P bevat een aangezuurde oplossing van een elektrolyt. Aan beide kanten van de poreuze plaat is fijn verdeeld platinapoeder aangebracht. Dit poeder zorgt voor elektrische geleiding, het werkt als katalysator en het laat H^+ ionen door. De uitgeademde lucht wordt aan één kant langs de poreuze plaat geleid (Q in figuur 4). De aanwezige alcohol wordt hier volledig omgezet volgens onderstaande halfreactie:

$$C_2H_5OH + 3\ H_2O \rightarrow 2\ CO_2 + 12\ H^+ + 12\ e^-$$

Aan de andere kant van de poreuze plaat (R in figuur 4) reageert zuurstof.
De oppervlakken Q en R zijn geleidend met elkaar verbonden zodat er een elektrische stroom loopt tijdens de alcoholbepaling. Deze stroom wordt in meetkastje M gemeten.

2p **19** ☐ Geef de vergelijking van de andere halfreactie en leid de vergelijking van de totale reactie af.

2p **20** ☐ Leg uit of de elektronen via het meetkastje M van Q naar R stromen of van R naar Q.

Gedurende de korte tijd dat er tijdens de alcoholbepaling een stroom loopt, wordt het aantal doorgestroomde coulombs bepaald. Hieruit wordt het alcoholgehalte berekend. Dat wordt op het display van meetkastje M weergegeven.
In Nederland is men strafbaar als men aan het verkeer deelneemt met meer dan 220 µg alcohol in een liter uitgeademde lucht. Bij de controle van een verkeersdeelnemer werd 1,0 mL van de uitgeademde lucht door de elektrochemische cel geleid. De hoeveelheid doorgestroomde elektrische lading is $9{,}9 \cdot 10^{-3}$ C.

3p **21** ☐ Ga door middel van een berekening van het alcoholgehalte in de uitgeademde lucht na of de verkeersdeelnemer de wet heeft overtreden. Maak bij de berekening onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van één mol elektronen gelijk is aan $9{,}6 \cdot 10^4$ C. Neem aan dat de berekening op basis van de meting met infraroodspectroscopie dezelfde uitkomst heeft gegeven als de meting met behulp van de elektrochemische cel.