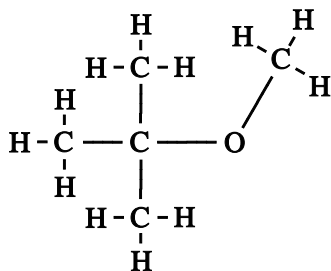


MTBE in grond- en oppervlaktewater

In benzine komt een stof voor die wordt aangeduid met de afkorting MTBE. MTBE zorgt voor een goede verbranding van de benzine in automotoren en vermindert de vorming van koolstofmonoxide. De structuurformule kan als volgt worden weergegeven:



Deze structuurformule is ook weergegeven op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

De afkorting MTBE staat voor Methyl Tertiaire Butyl Ether. Uit de structuurformule is af te leiden hoe deze naam tot stand is gekomen.

- 3p **21** Omcirkel voor elk van de vier onderdelen in de naam het desbetreffende structurelement in de structuurformule op de uitwerkbijlage. Geef per onderdeel aan op welk deel van de naam van MTBE het omcirkelde deel betrekking heeft.

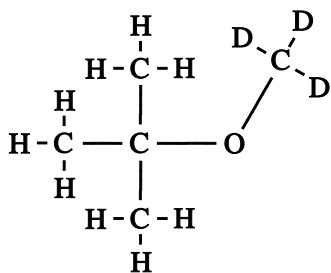
Door verkeersongelukken, lekkende opslagtanks en lekkende leidingen kan benzine in de grond terechtkomen. Omdat de oplosbaarheid van MTBE in water redelijk groot is, kan de stof zich verspreiden over het grondwater en het oppervlaktewater. Dat MTBE oplosbaar is in water moet worden toegeschreven aan de vorming van waterstofbruggen tussen MTBE moleculen en watermoleculen.

- 2p **22** Geef op de uitwerkbijlage weer hoe twee watermoleculen aan een MTBE-molecuul zijn gebonden door middel van waterstofbruggen. Teken daarbij:

- de watermoleculen in structuurformule;
- de waterstofbruggen met stippellijntjes (- - -).

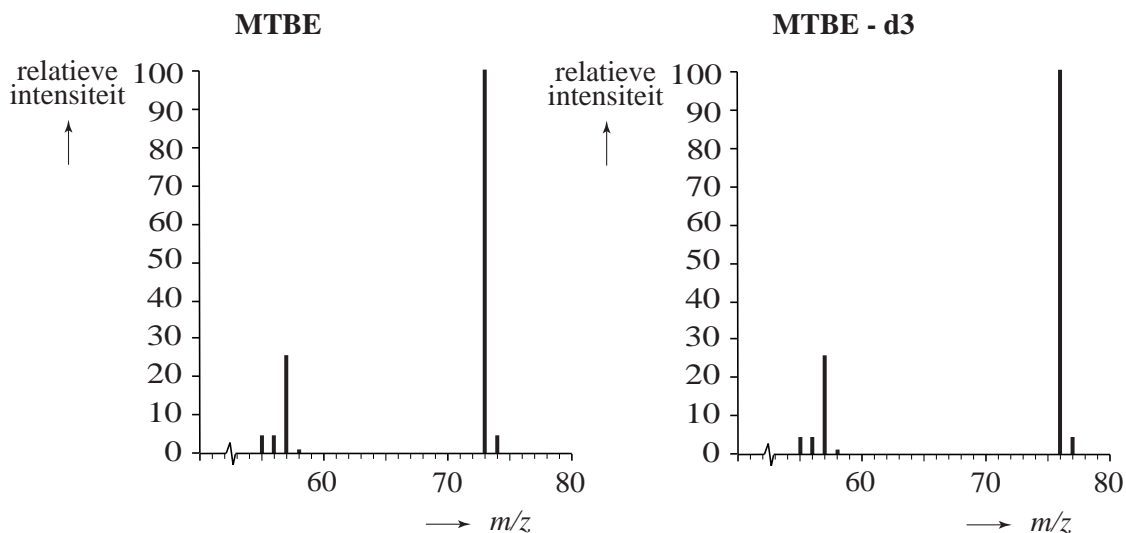
MTBE is een schadelijke stof. In grond- en oppervlaktewater mag dus niet te veel MTBE voorkomen. Het gehalte aan MTBE wordt daarom regelmatig gemeten. Eén van de meetmethoden voor de bepaling van het MTBE-gehalte maakt gebruik van gaschromatografie, gevolgd door massaspectrometrie. Tijdens zo'n bepaling wordt MTBE-d3 gebruikt. In een molecuul MTBE-d3 zijn drie van de twaalf waterstofatomen atomen H-2, zogenoemde deuteriumatomen. Deze atoomsoort (isotoop) wordt meestal weergegeven met het symbool D.

De structuurformule van MTBE-d3 kan als volgt worden weergegeven:



Hieronder staan de massaspectra van MTBE en van MTBE-d3 gedeeltelijk afgebeeld.

massaspectra



Bij een MTBE-bepaling zijn de pieken met m/z waarden 73 (in het MTBE-spectrum) en 76 (in het MTBE-d3 spectrum) van belang. Door gegevens uit beide spectra te combineren, kan worden nagegaan welk fragmentation van MTBE de piek met m/z waarde 73 veroorzaakt.

- 2p **23** Leg aan de hand van de massaspectra uit welk fragmentation de piek met m/z waarde 73 in het MTBE-spectrum veroorzaakt. Geef ook de structuurformule van dit fragmentation.

Bij een MTBE-bepaling met behulp van MTBE-d3 wordt vooraf een ijkoplossing gemaakt waarin MTBE en MTBE-d3 aanwezig zijn in de molverhouding 1,00 : 1,00. Uit 100,0 mL van deze ijkoplossing worden de opgeloste koolstofverbindingen geïsoleerd en in een gaschromatograaf gescheiden. MTBE en MTBE-d3 hebben dezelfde retentietijd en komen als één fractie uit de gaschromatograaf. In het massaspectrum van deze fractie komt dus een piek voor met m/z waarde 73, van MTBE, en een piek met m/z waarde 76, van MTBE-d3. De piekhoogtes in het massaspectrum verhouden zich als volgt:

$$\frac{\text{intensiteit van de piek met } m/z=73}{\text{intensiteit van de piek met } m/z=76} = \frac{1000}{992}$$

Bij een benzinstation dat vermoedelijk de grond heeft vervuild, wordt een monster van het grondwater genomen om het gehalte aan MTBE te bepalen. Aan 100,0 mL van dit monster wordt 10 μL toegevoegd van een oplossing van MTBE-d3 die 1,00 mg MTBE-d3 per liter bevat. Van de ontstane oplossing worden de vluchtige oplosbare stoffen geïsoleerd en in de gaschromatograaf gescheiden op exact dezelfde manier als met de ijkoplossing is gebeurd. De meting met de massaspectrometer levert een massaspectrum op met pieken die zich als volgt verhouden:

$$\frac{\text{intensiteit van de piek met } m/z=73}{\text{intensiteit van de piek met } m/z=76} = \frac{1000}{35,0}$$

- 5p **24** Bereken het gehalte aan MTBE in het grondwater bij het benzinstation in g L^{-1} .

Het laboratorium dat de MTBE-bepalingen uitvoert, krijgt telkens opdracht een serie van 50 grondwatermonsters te onderzoeken. Om er zeker van te zijn dat de bepalingen eerlijk en betrouwbaar worden uitgevoerd, heeft de opdrachtgever 5 controlemonsters gemaakt en in die serie van 50 monsters opgenomen. Er worden dus 45 echte grondwatermonsters geanalyseerd. Op het laboratorium weten ze niet wat de echte grondwatermonsters zijn en wat de controlemonsters zijn. Een controlemonster kan op verschillende manieren worden aangeboden:

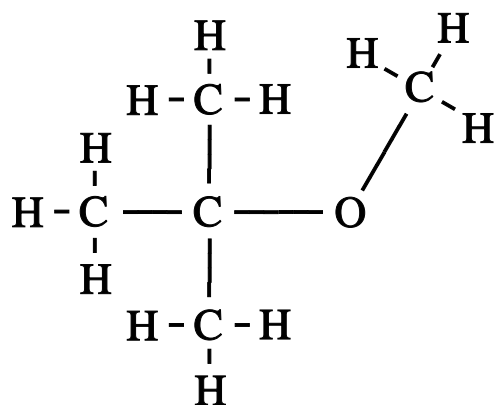
- 1 een grondwatermonster wordt twee keer aangeboden; de uitkomsten voor die twee monsters moeten binnen de nauwkeurigheid van de metingen hetzelfde zijn;
- 2 er wordt een monster drinkwater aangeboden; het gehalte MTBE hierin moet dus zeer laag zijn;
- 3 er wordt een monster met een bekend gehalte aan MTBE aangeboden; de uitkomst van de bepaling voor dit monster moet dus binnen de nauwkeurigheid van de metingen dat gehalte opleveren.

De opdrachtgever kan nog op andere manieren controlemonsters maken.

- 2p **25** Beschrijf nog een manier waarop de opdrachtgever een controlemonster kan hebben gemaakt. De door jou genoemde manier mag niet neerkomen op één van de hierboven genoemde methoden. Geef aan wat je verwacht voor de uitkomst van de MTBE-bepaling.

uitwerkbijlage

21



22

