

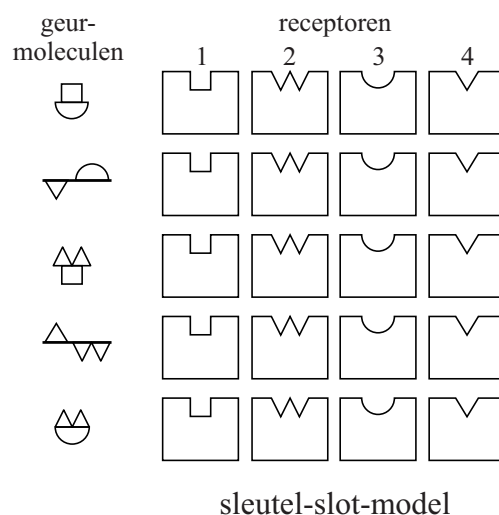
## Ruiken

Als een mens iets ruikt, betekent dat dat een geurmolecuul in de neus gedetecteerd wordt door een geur-receptor. Ieder mens heeft ongeveer 350 verschillende geur-receptoren en kan ongeveer 10.000 verschillende geuren onderscheiden. Om de werking te verklaren zijn twee modellen in omloop: het sleutel-slot-model en het Turin-model.

In figuur 1 is te zien hoe het sleutel-slot-model werkt. Als een geurmolecuul op verschillende plaatsen in de receptor past, wordt door een combinatie van die mogelijkheden de geur van dat molecuul waargenomen.

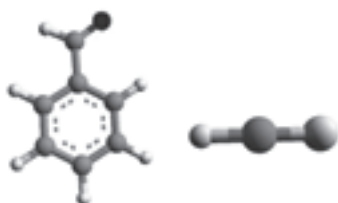
Er zijn moleculen die erg van elkaar verschillen en toch dezelfde geur hebben, en er zijn moleculen die bijna gelijk zijn, maar een verschillende geur hebben. Zie de voorbeelden in figuur 2.

**figuur 1**



Toelichting: In de bovenste receptor past het geurmolecuul op de plaatsen 1 en 3.

**figuur 2a**



**ruiken hetzelfde**  
benzaldehyde en waterstofcyanide  
(amandelgeur)

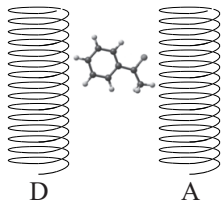
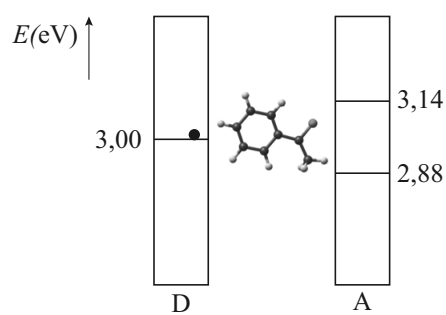
**figuur 2b**



**ruiken verschillend**  
ferroceen en nikkeloceen

- 1p 19 Geef aan voor een van de twee voorbeelden in figuur 2 waarom voor deze moleculen het sleutel-slot-model niet voldoet.

Omdat het sleutel-slot-model niet voldeed, kwam de Franse onderzoeker Luca Turin in 1996 met een nieuw model. In het model van Turin bestaat een geur-receptor uit twee delen: de donor D en de acceptor A. Zie figuur 3 en figuur 4.

**figuur 3****geur-receptor****figuur 4**

Als een elektron van donor D via een geurmolecuul naar acceptor A beweegt, wordt er bij A een signaal afgegeven dat naar de hersenen gaat, waardoor het geurmolecuul wordt waargenomen.

Het model van Turin is een combinatie van quantum-tunneling en energieoverdracht. Zie figuur 4 voor een schematische weergave. In figuur 4 bevindt zich een elektron in donor D in het aangegeven energieniveau. Van acceptor A zijn twee energieniveaus weergegeven. Zonder geurmolecuul kan het elektron niet van D naar A gaan.

Als een geurmolecuul dat past bij de receptor tussen D en A zit, kan dit geurmolecuul energie opnemen van het elektron zodat het elektron wel van D naar A kan komen.

2p 20 Leg uit in welke van de twee energieniveaus van A het elektron dan komt.

Een voorbeeld van een geurmolecuul **figuur 5**

is acetofenon. Zie figuur 5.

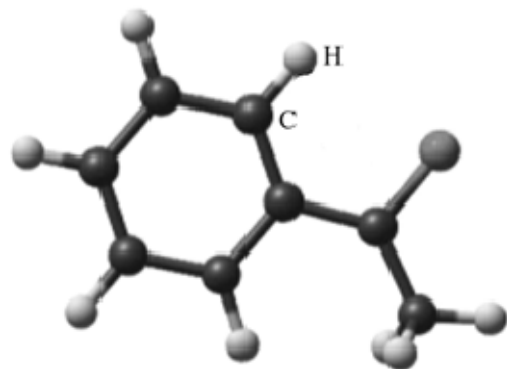
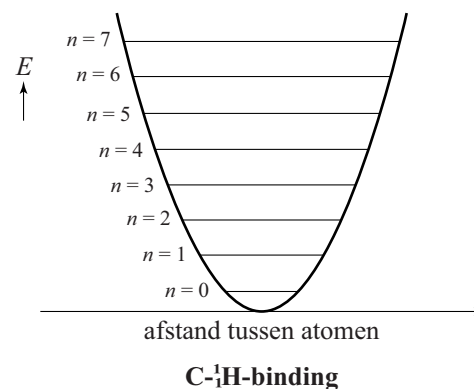
De energie-uitwisseling met het geurmolecuul kan in een vereenvoudigd model worden beschreven. In dit vereenvoudigd model wordt elke C – H -binding van het geurmolecuul beschouwd als een (quantumfysisch) massa-veer-systeem. Zie figuur 6 voor de energieput met de discrete energieniveaus van dit massa-veer-systeem voor een van de C – H -bindingen van acetofenon.

Voor de energieniveaus geldt:

$$E_n = hf \left( n + \frac{1}{2} \right).$$

Hierin is:

- $E_n$  De energie van niveau  $n$ ;
- $h$  De constante van Planck;
- $f$  De frequentie van het massa-veer-systeem.

**figuur 5****figuur 6**

Als het elektron in figuur 4 van D naar A gaat, neemt de C–H-binding van het geurmolecuul precies zoveel energie van het elektron op dat het massa-veer-systeem één energieniveau omhoog gaat.

3p 21 Bepaal met behulp van figuur 4 en 6 de waarde van  $f$ .

Om te onderzoeken of het model van Turin klopt, heeft een onderzoeker een experiment met fruitvliegjes gedaan. Hij bood twee verschillende geuren aan, waarvan één acetofenon was.

De fruitvliegjes hadden een duidelijke voorkeur voor acetofenon.

Daarna herhaalde hij het experiment, waarbij hij in acetofenon 'gewone' waterstofatomen ( $^1\text{H}$ ) verving door deuteriumatomen ( $^2\text{H}$ ).

Nu hadden de fruitvliegjes geen voorkeur voor acetofenon.

De fruitvliegjes konden dus het verschil tussen acetofenon met gewone waterstofatomen ( $^1\text{H}$ ) en acetofenon met deuteriumatomen ( $^2\text{H}$ ) ruiken.

Neem aan dat de massa in het massa-veer-systeem de massa is van het waterstofatoom en dat de vervanging van gewoon waterstof door deuterium alleen effect heeft op de massa van het massa-veer-systeem en niet op de veerconstante.

2p 22 Leg uit dat de uitkomst van het experiment een ondersteuning is voor het model van Turin.

Op de uitwerkbijlage staat figuur 6, de energieput met energieniveaus van een C– $^1\text{H}$ -binding van acetofenon weergegeven.

Op dezelfde schaal zijn ook nog vier energieputten met energieniveaus weergegeven (I tot en met IV) van dezelfde C–H-binding, waarin nu het gewone waterstof vervangen is door deuterium.

4p 23 Voer de volgende opdrachten uit:

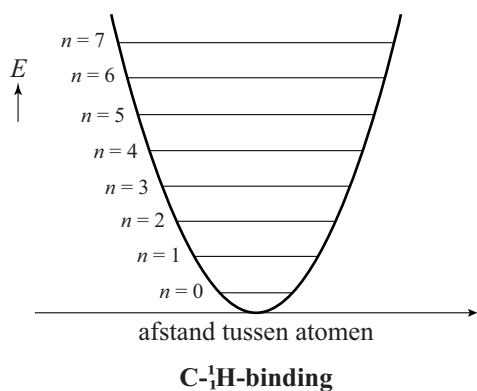
– Leid af dat geldt: 
$$\frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

– Leg daarmee uit welke energieput met energieniveaus op de uitwerkbijlage past bij de C– $^2\text{H}$ -binding van het aangepaste acetofenon-molecuul.

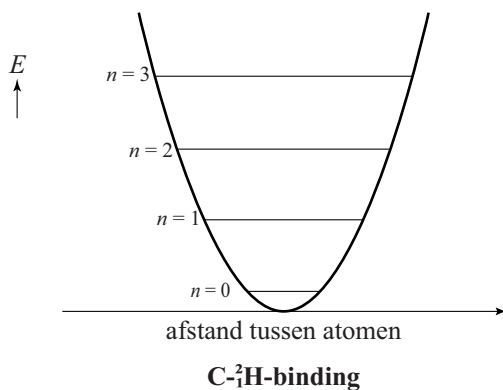
In de parfumindustrie worden geurmoleculen die erg duur zijn vervangen door andere moleculen die hetzelfde ruiken. Bij de zoektocht naar vervangende moleculen worden de energieniveaus van het oorspronkelijke molecuul vergeleken met de energieniveaus van het vervangende molecuul.

1p 24 Aan welke eis moeten de energieniveaus van het vervangende molecuul voldoen?

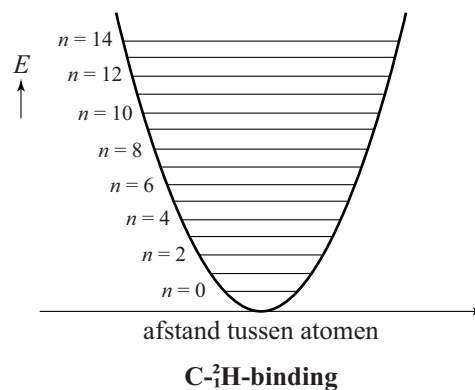
23



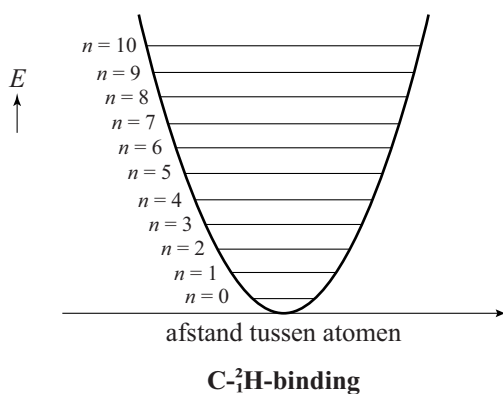
I



II



III



IV

