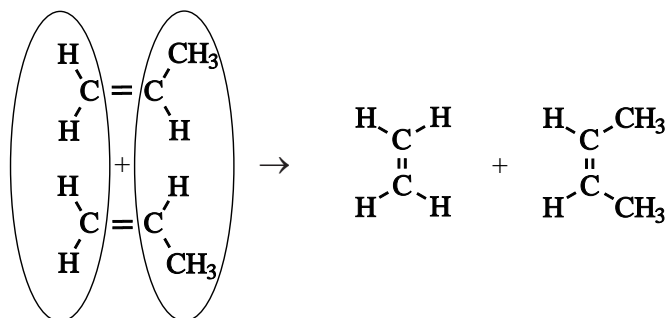


Metathese

De Nobelprijs voor scheikunde in 2005 is gewonnen door wetenschappers die zich bezig hebben gehouden met het onderzoek naar zogenoemde metathese-reacties.

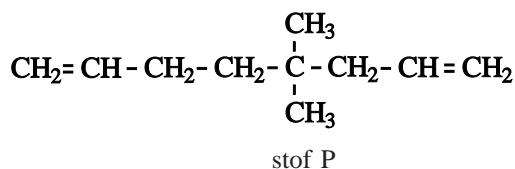
Metathese is een reactie van onverzadigde verbindingen. Bij een metathese-reactie worden telkens twee dubbele bindingen verbroken en twee nieuwe dubbele bindingen gevormd. Een voorbeeld van een metathese-reactie is de omzetting van propen tot etheen en 2-buteen:



In bovenstaande weergave is met ovalen aangegeven welke delen uit de moleculen van de beginstoffen zijn terug te vinden in de moleculen van de reactieproducten.

Metathese-reacties worden vaak in organische syntheses gebruikt.

Een toepassing is de zogenoemde ringsluitingmetathese. Bij metathese van een verbinding met twee dubbele bindingen per molecuul, zoals bijvoorbeeld stof P (zie hieronder), kan een cyclische verbinding ontstaan.



In veel van zulke gevallen treedt de metathese binnen het molecuul (intramoleculair) op.

Bij de intramoleculaire ringsluitingmetathese van stof P ontstaat behalve het cyclische reactieproduct, ook etheen. Beide stoffen ontstaan in de molverhouding 1 : 1.

- 3p 16 Geef de structuurformule van de cyclische verbinding die ontstaat bij deze intramoleculaire metathese van stof P.

Bij metathese van stof P kan onder bepaalde omstandigheden ook een polymeer worden gevormd. Onder deze omstandigheden vindt geen ringsluiting plaats.

- 3p 17 Leg uit dat uit stof P via metathese een polymeer kan worden gevormd. Behalve het polymeer ontstaat hierbij uitsluitend etheen.

De katalysatoren die bij metathese-reacties worden gebruikt, zijn meestal organische verbindingen van bepaalde metalen, vaak molybdeen (Mo) of ruthenium (Ru). In zulke verbindingen is het metaalatom via een dubbele binding gebonden aan een koolstofatoom.

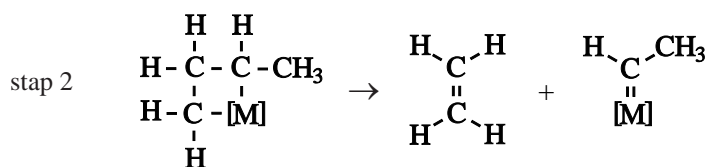
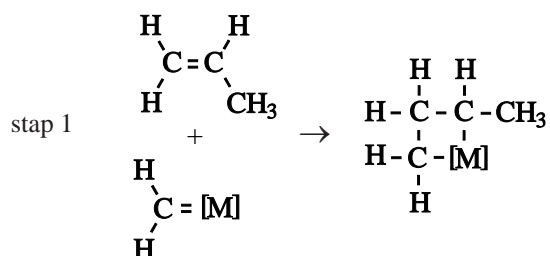
Zo'n katalysatormolecuul wordt vaak als volgt weergegeven:

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C} = [\text{M}] \\ | \\ \text{H} \end{array}$$

Men veronderstelt dat een metathese-reactie in vier stappen verloopt. De eerste twee stappen voor de metathese van propaan tot etheen en 2-buteen verlopen als volgt:

- In de eerste stap wordt een molecuul van de katalysator gebonden aan een molecuul van het propaan. Er ontstaat een cyclische structuur met vier atomen.
- In de tweede stap wordt uit de cyclische structuur een molecuul etheen afgesplitst.

Deze stappen kunnen als volgt in structuurformules worden weergegeven:



3p **18** Geef de stappen 3 en 4 van het reactiemechanisme in structuurformules weer.