

## Alkeni: dvojna vez C=C

- Alken z eno dvojno vezjo v molekuli vsebuje dva H atoma manj kot alkan z enakim ogljikovim ogrodjem
- Splošna formula za alkene je  $C_nH_{2n}$
- Razlaga dvojne vezi: vez opišemo s  $\sigma$ - in  $\pi$ - vezjo; dvojna vez je šibkejša kot dve enojni vezi C-C, zato je za delno prekinitev vezi potrebno sorazmerno malo energije;

## Nomenklatura

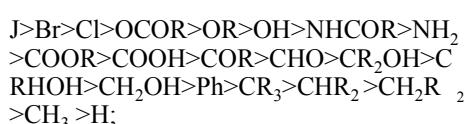
- Imena imajo končnico -en
- Hrbtenica je najdaljša veriga, ki ima dvojno vez
- Položaj dvojne vezi označimo s stevilko pred končnico -en
- Vedno štejemo v tisti smeri, da dobi C, na katerega je vezana dvojna vez, najnižjo številko;

1

## Geometrijska izomerija

- Za označevanje posameznih izomerov so v rabi naslednji deskriptorji:
  - cis, trans;
  - sin, anti (pri C=N vezeh)
  - Z, E (najboljša in nedvoumna oznaka);
- Deskriptorja Z, E temeljita na Cahn-Ingold-Prelogovem pravilu prioritete
  - Višje atomsko število je pred nižjim ( $J > Br > Cl > H$ );
  - Višje masno število je pred nižjim ( $D > H, CH_2Cl > CH_2OH > CH_2-H$  ali  $CHCl_2 > CH_2Cl$ ). Pri skupinah, kjer je več enakih delov, upoštevamo prvo neenakost;
  - Če je atom vezan na drugega z multiplo vezjo, oba atoma podvojimo ali potrojimo

Če upoštevamo ta pravila, dobimo tole zaporedje prioritete najpomembnejših funkcionalnih skupin:



Prioritete skupin, vezanih na dvojno vez, določimo tako:

- Skozi molekulo ali del molekule, kjer je dvovez, predpostavimo ravnino, ki je pravokotna na ravnino, v kateri leži dvojna vez ter štirje substituenti;
- Nato ugotovimo, kateri od substituentov ima najvišjo prioriteto
- Če sta dve skupini z višjo prioriteto na isti strani ravnine, označimo tisto konfiguracijo Z (zusammen), če sta pa na nasprotni strani, pa E (entgegen);

### Fizikalne lastnosti konfiguracijskih izomerov

Cis- in trans- izomeri se precej razlikujejo v fizikalnih lastnostih. Cis- izomeri imajo večje dipolne momente kot trans-. Trans-izomeri imajo večjo simetrijo in se lažje vključijo v kristalno rešetko, kar se odraža v tališču. cis- izomeri so bolj topni, cis-kisline so na splošno bolj kisle kot trans-nenasičene kisline.

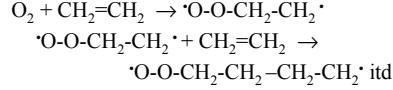
Razlike so tudi v UV ter NMR spektrih.<sup>3</sup>

## Vrste reaktivnosti in pomembne reakcije

- Elektrofilna adicija
  - Zaradi visoke elektronske gostote v dvojni vezi C-C so alkeni nukleofilni – za tvorbo nove vezi uporabijo el. par iz dvojne vezi
$$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{CH}_3\text{-CH}_2^+ + \text{Br}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-Br}$$
  - Podobne reakcije potekajo tudi z neioniziranim HBr, Br<sub>2</sub> ali HOBr
- Pomembne reakcije elektrofilne adicije
  - Adicija HCl
$$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-Cl}$$
  - Adicija Cl<sub>2</sub> ali klorovice
$$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Cl}$$
$$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HO-Cl} \rightarrow \text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Cl}$$
  - Adicija vode (hidriranje) – dvostopenjski proces; v prvi fazi alken reagira z žveplovo(VI) kislino in daje alkilhidrogensulfat, ki v drugi fazi hidrolizira v alkohol
$$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OSO}_3\text{H}$$
$$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OSO}_3\text{H} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$$

- Smer elektrofilne adicije – Markovnikovo pravilo: pri adiciji HZ na nesimetričen alken se vodik veže na tisti konec dvojne vezi, ki že ima večje število H atomov
- Oksidacija alkenov
  - Tudi alkeni zgorevajo na zraku v  $\text{CO}_2$  in  $\text{H}_2\text{O}$
  - Z alkalno raztopino  $\text{KMnO}_4$  se oksidirajo v diole
  - Z ozonom se povsem prekine dvojna vez C-C (vmesni produkt je ozonid)
- Hidrogeniranje
  - Dvojno vez lahko reduciramo pri ST in P z adicijo vodika v prisotnosti katalizatorja (Raney Ni, Pt, Pd,...)
  - $\text{R}_2\text{C}=\text{CR}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{R}_2\text{HC}-\text{CHR}_2$
- Polimerizacija
  - $n \text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow -(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-$  radikalnska polimerizacija

Mehanizem:



5

- Sodobna metoda polimerizacije: uporaba katalizatorja Ziegler-Natta ( $\text{TiO}_2$  in  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  v inertnem topilu) – sinteza poli(propena)
- Pomembni primeri:
  - Poli(fenileten) ali polistiren – uporaben za pakiranje ter toplotno in zvočno izolacijo
  - Poli(kloroeten) ali PVC
  - Poli(metil-2-metilpropenoat) ali poli(metilmetakrilat) – uporaben za okna in reklamne napise
  - Poli(propennitril) ali poliakrylonitril – pripravljen kot kopolimer (primešajo majhne množine drugega derivata etena in oba polimerizirajo)
  - Poli(tetrafluoroeten) ali PTFE – uporaba za zaščitne prevleke, ki preprečujejo oprijemanje
  - To so primeri adicijskih polimerov (za razliko od kondenzacijskih polimerov, kot je najlon)

### Preparativne metode za alkene

- Dehidriranje alkoholov
- Dehidrohalogeniranje halogenoalkanov

6

### Pomen alkenov

- Nižji alkeni – eten, propen in butadien - izhodne spojine v petrokemični industriji
- Kumenski postopek – enotno postopek, kjer lahko dva proizvoda , ki ju trg terja v približno enakih količinah pripravimo skupaj in ne ločeno – na primer iz propena lahko sintetiziramo fenol in propanon
- Butadien: primer molekule, ki vsebuje dve dvojni vezi - uporaba za sintezo kopimerov s feniletenom (stirenom) za pridobivanje umetnega kavčuka SBR (stiren-botadien-rubber) ter s propennitriлом (akrilonitrilom) za pridobivanje polimera ABS (akrilonitril-butadien-stiren)

7