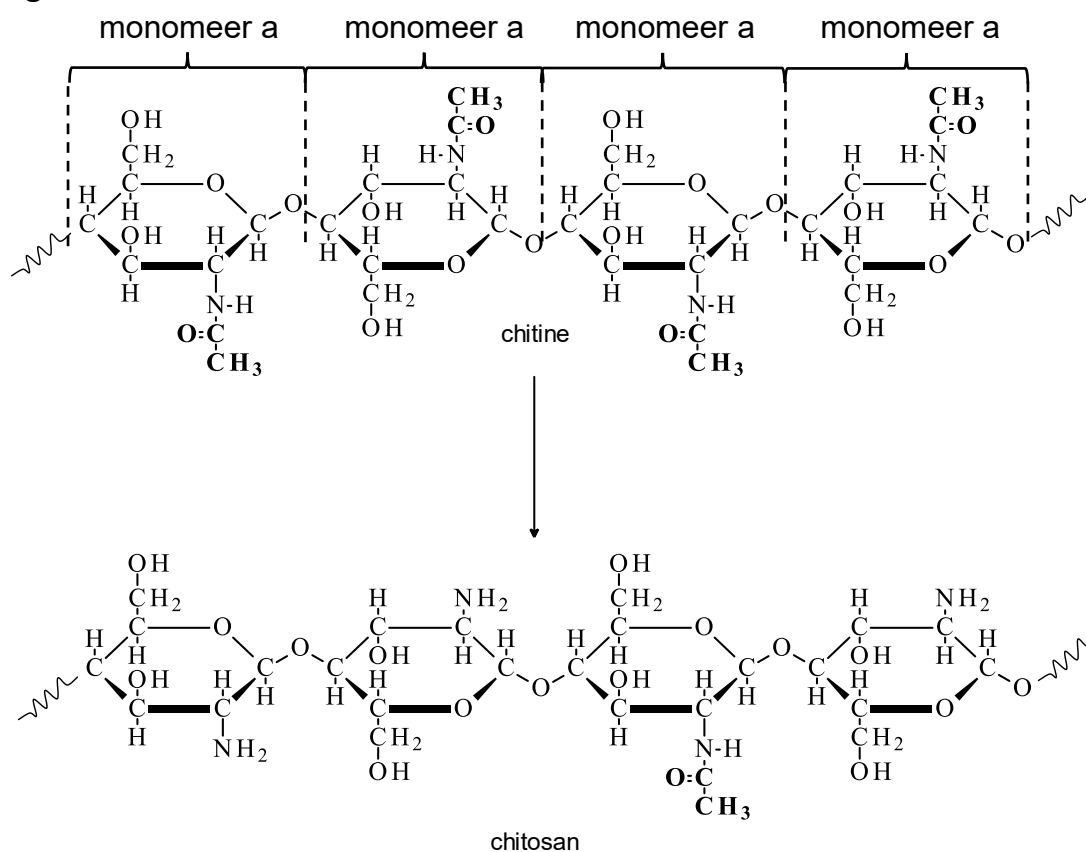


Chitosan

Chitine is een polysacharide, die onder andere voorkomt in garnalen. Het is een polymeer bestaande uit dezelfde monomeren (figuur 1: monomeer a). Chitosan is een natuurlijk voorkomende lineaire polysacharide en biopolymeer met antibacteriële werking. Chitosan wordt geproduceerd door chitine te deacetyleren. Deacetylering is een hydrolyse-reactie van de acetylgroepen. De acetylgroepen zijn in de onderstaande figuur vet gedrukt.

figuur 1

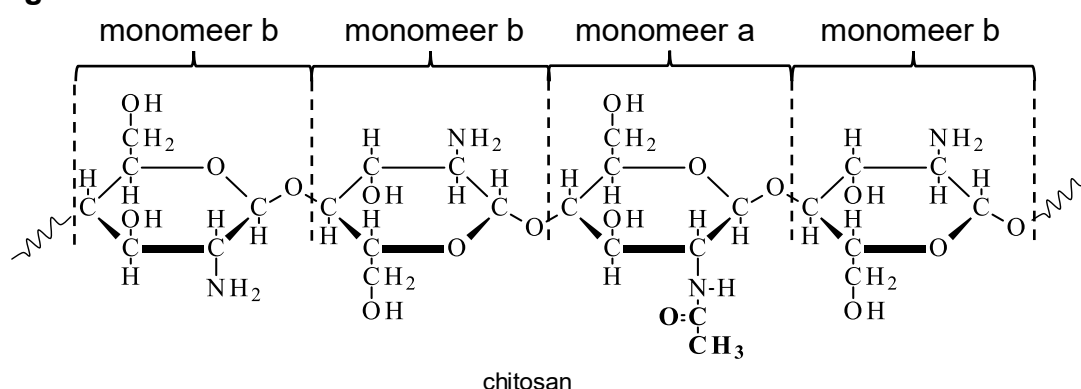


Soms worden alle acetylgroepen gehydrolyseerd, soms een deel. De mate van hydrolyse ligt tussen de 60 en 100%. Figuur 1 is een schematische weergave van de reactie, want niet alle reagerende stoffen en producten zijn zichtbaar.

- 1 Geef de structuurformule en de naam van het stof die ontstaat bij de hydrolyse van de acetylgroepen.

Na een gedeeltelijke hydrolyse van de acetylgroepen, blijft er een copolymeer over van twee monomeren.

figuur 2



Marijke heeft 1,5 gram chitosan-75 om te onderzoeken. In deze vorm van chitosan is 75% van de monomeren a gehydrolyseerd tot monomeren b. Ze vraagt zich af hoeveel mol chitosanmoleculen ze totaal heeft in 1,5 gram.

- 2 Bereken het totaal aantal mol chitosan-75 in 1,5 gram van deze stof. Gebruik de volgende gegevens:
 - Een chitosanmolecuul bestaat uit $4,8 \cdot 10^2$ monomeereenheden.
 - 75% van de monomeren a zijn gehydrolyseerd tot monomeer b.
 - Monomeer a heeft een molaire massa van $203 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
 - Monomeer b heeft de formule $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_4\text{N}$.

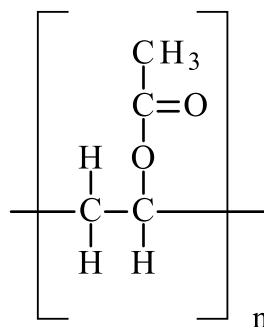
Om chitosan-75 te produceren zijn dus 75% van de acetylgroepen van chitine gehydrolyseerd, waarvoor water nodig is.

- 3 Bereken hoeveel gram water nodig was om chitine om te zetten in 1,5 g chitosan-75. Ga er bij je berekening van uit dat de ketenlengte van $4,8 \cdot 10^2$ monomeereenheden niet is veranderd.

Houtlijm

Er bestaan verschillende soorten houtlijm. De vorm die je zelf misschien wel eens hebt gebruikt, bevat de synthetische hars PVAc (polyvinylacetaat). PVAc is een additiepolymeer dat is gevormd uit één soort monomeer. De algemene structuurformule van PVAc is hiernaast weergegeven.

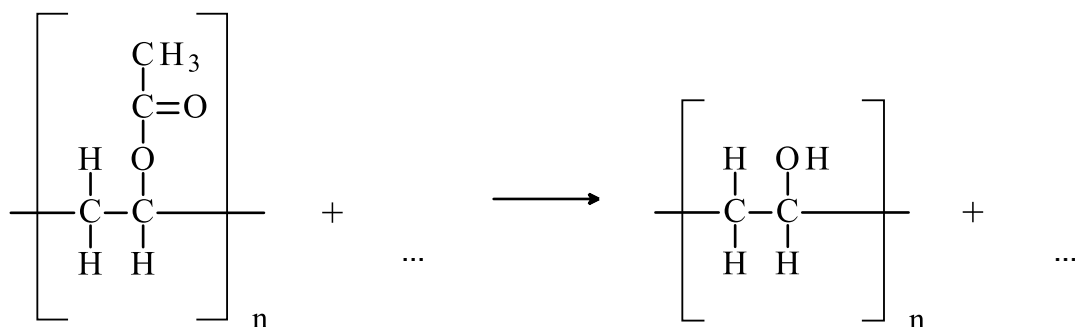
De monomeer van PVAc is een ester. Een ester kun je omschrijven als *een ester van... en* Op de stippellijntjes schrijf je dan de namen van het alcohol en het zuur waaruit de ester bestaat.



- 4 Geef de structuurformule van de monomeer van PVAc en omschrijf de ester zoals hierboven is voorgedaan.
- 5 Bereken uit hoeveel monomeer-eenheden een PVAc-molecuul in houtlijm gemiddeld is opgebouwd. Neem aan dat de massa van een PVAc-molecuul in houtlijm gemiddeld $2,3 \cdot 10^3$ u is.

De zijgroepen van de monomeereenheden worden langzaam gehydrolyseerd. In onderstaande figuur is deze hydrolyse onvolledig weergegeven.

figuur



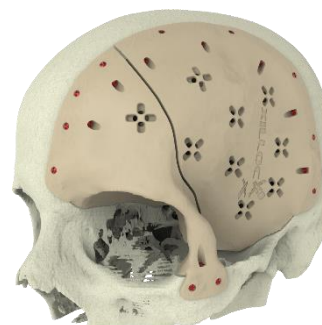
- 6 Neem de figuur over en vul deze aan voor het geval dat *alle* zijgroepen zijn gehydrolyseerd.

De hydrolyse vindt vanzelf plaats, maar de ketens zullen lange tijd bestaan.

- 7 Beredeneer waarom de lijmbasis niet snel zal worden afgebroken. Baseer je antwoord op de figuur.

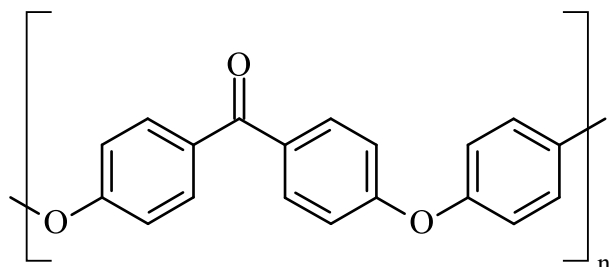
PEEK

Polyether ether keton (PEEK) is semikristallijn thermoplastisch polymeer met zeer goede mechanische en chemische eigenschappen. Het wordt gebruikt in toepassingen met veel wrijving (bijvoorbeeld in kogellagers). Ook wordt het gebruikt in prothesen, bijvoorbeeld om een gedeelte van een schedel te reconstrueren.



In onderstaande figuur is de structuurformule van PEEK weergegeven. Het gedeelte tussen de vierkante haken wordt de repeterende eenheid genoemd.

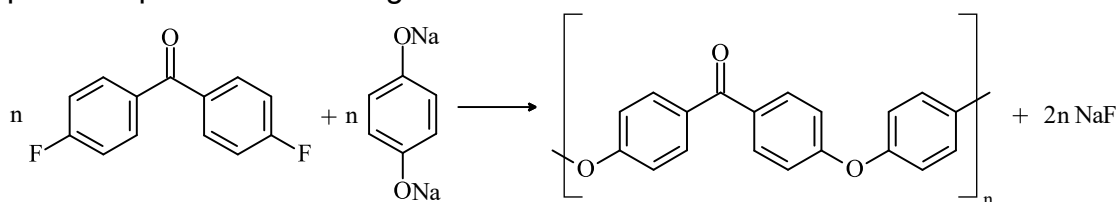
figuur



Een veel gebruikte vorm van PEEK heeft een gemiddelde molecuulmassa van $8,5 \cdot 10^4$ u.

- 8 Bereken hoeveel repeterende eenheden gemiddeld voorkomen in een molecuul van deze PEEK-soort.

De productie van PEEK verloopt volgens onderstaande reactievergelijking. Dit productieproces heeft een geschat rendement van 95%.



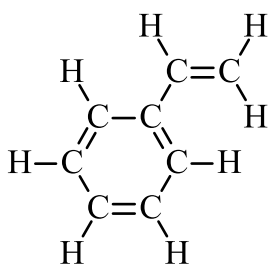
- 9 Bereken de E-factor van het productieproces van PEEK.
Het kan zijn dat je dit onderwerp nog niet gehad hebt.

Plastic bekertjes

Plastic bekertjes, zoals hiernaast weergegeven, worden steeds meer vervangen door een milieuvriendelijkere variant met meer papier. Het bekertje dat hier is weergegeven, is gemaakt van polystyreen (PS). Het monomeer, styreen, zie je hieronder weergegeven.



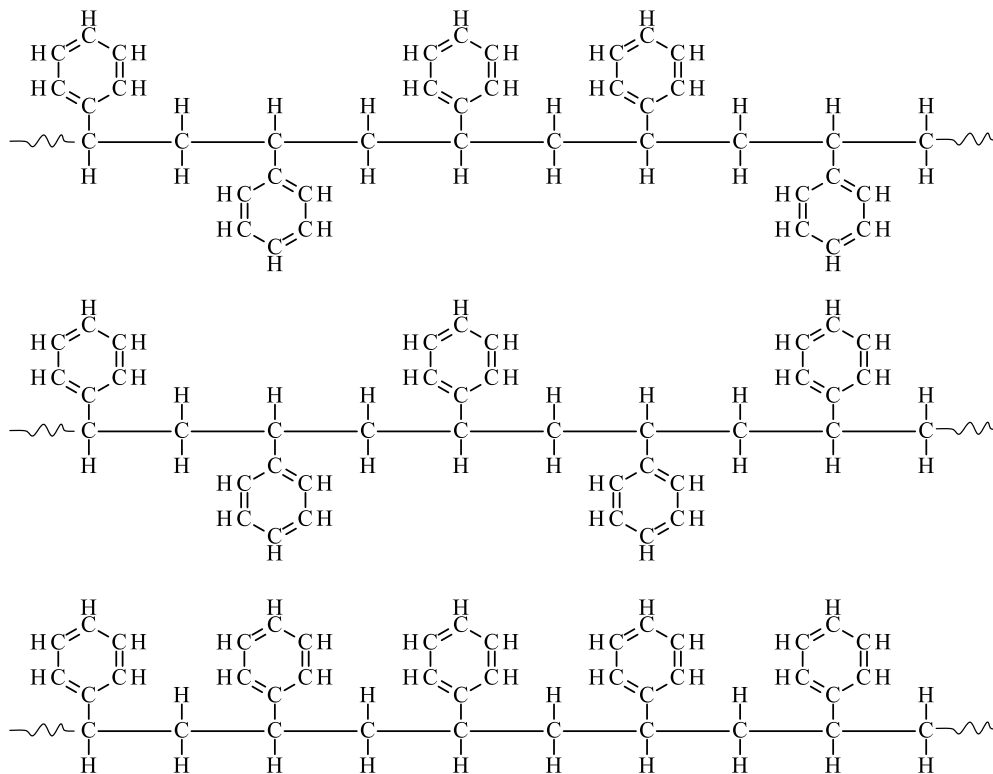
figuur 1



- 10 Teken een fragment van polystyreen bestaande uit drie eenheden.

Er bestaan verschillende soorten PS. Zo kun je onderscheid maken in “tacticiteit”, zie figuur 2. In de atactische vorm liggen de zeshoekige zijgroepen willekeurig naar links en naar rechts van de keten (figuur 2, boven). In de syndiotactische vorm liggen de zijgroepen regelmatig naar links en dan naar rechts (figuur 2, midden). In de isotactische vorm liggen de zijgroepen allemaal naar dezelfde kant (figuur 2, onder).

figuur 2



Deze soorten PS verschillen op mesoniveau van elkaar. Sommige soorten hebben veel kristallijne gebieden, andere juist veel amorge gebieden.

- 11 Leg uit welke vorm van PS uit figuur 2 vooral amorge gebieden heeft en welke veel kristallijne gebieden.

Als het bekertje is geproduceerd van gerecycled PS, staat er onderop het bekertje een recycleersymbool.

- 12 Teken dit recycleersymbool.
- 13 Leg uit dat PS vrij makkelijk te recyclen is.

Als het bekertje niet wordt gerecycled, wordt het verbrand in een afvalverbrandingsoven. Hierbij geeft het CO₂-uitstoot. Twan geeft een feestje en heeft geen zin in afwassen, dus heeft hij plastic bekertjes van PS geregeld. De gasten hebben geen zin om de bekertjes gescheiden af te voeren, dus de bekertjes verdwijnen in de container met restafval.

- 14 Bereken hoeveel dm³ koolstofdioxide ontstaat bij de volledige verbranding van de bekertjes.

Ga er bij de berekening van uit dat:

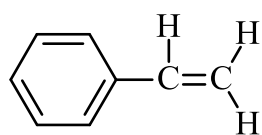
- er 23 bekertjes zijn weggegooid
- de bekertjes volledig uit polystyreen bestaan
- een wegwerpbekertje weegt 2,8 gram;
- het volume van een mol CO₂ is 24,5 dm³

SAN

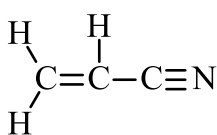
SAN is een copolymeer van **styreen** en **acrylonitril**. Het is een sterk materiaal waar onder andere voorraadpotten van worden gemaakt. In figuur 1 zijn de structuurformules van styreen en acrylonitril weergegeven.



figuur 1



styreen



acrylonitril

- 15 Teken een fragment van SAN bestaande uit twee eenheden van beide monomeren.

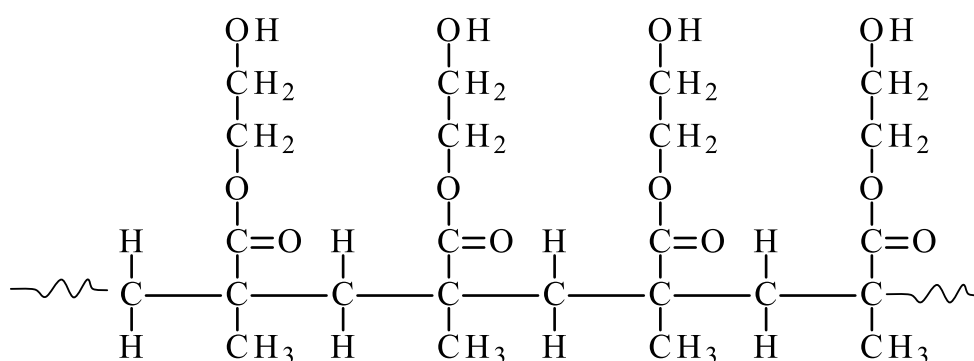
Meestal bevat SAN zo'n 75 massaprocent styreen en 25 massaprocent acrylonitril

- 16 Bereken het aantal monomeereenheden styreen per monomeereenheid acrylonitril in SAN.

Zachte contactlenzen

De eerste zachte contactlenzen werden geproduceerd van pHEMA. Dit polymeer wordt geproduceerd van het monomeer HEMA. Het voordeel van pHEMA is dat het veel watermoleculen kan binden.

figuur



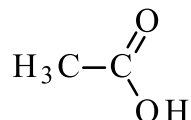
- 17 Geef de structuurformule van HEMA.

pHEMA kan veel water binden, waardoor er een zogenaamde hydrogel ontstaat.. Als pHEMA geheel met water wordt verzadigd, bevat de ontstane hydrogel 72 massaprocent water.

- 18 Bereken hoeveel moleculen water per monomeereenheid in deze hydrogel van pHEMA worden opgenomen.

Uitwerkingen

- 1 Naam: ethaanzuur/azijnzuur
Formule:



- 2 Monomeer a: $M = 203 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (gegeven)
 $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_4\text{N}$

Monomeer b: $M = 161,158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\text{C}_8\text{H}_{13}\text{O}_5\text{N}$

Gemiddelde molaire massa chitosan-75 op basis van percentages:

Chitosan-75 $M = 0,75 \cdot 161,158 + 0,25 \cdot 203 = 171,62 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$m = 1,5 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1,5}{171,62} = \underline{\underline{0,0087 \text{ mol}}}$$

- 3 Chitosan: $n = 0,0087 \text{ mol}$ ketens (zie opg 1)

Deze ketens bevatten $4,8 \cdot 10^2$ monomeereenheden, waarvan 75% gehydrolyseerd zijn. Dus totaal aantal mol gehydrolyseerde eenheden:

$$\text{Eenheden: } n = 0,75 \cdot 0,0087 \cdot 4,8 \cdot 10^2 = 3,1 \text{ mol}$$

Voor elke hydrolyse was één watermolecuul nodig:

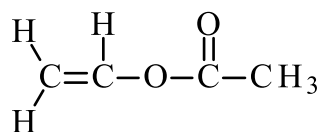
$$\text{H}_2\text{O: } n = 3,1 \text{ mol}$$

$$M = 18,015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = n \cdot M = 3,1 \cdot 18,015 = \underline{\underline{57 \text{ g}}}$$

Houtlijm

- 4 De ester van ethenol en ethaanzuur:

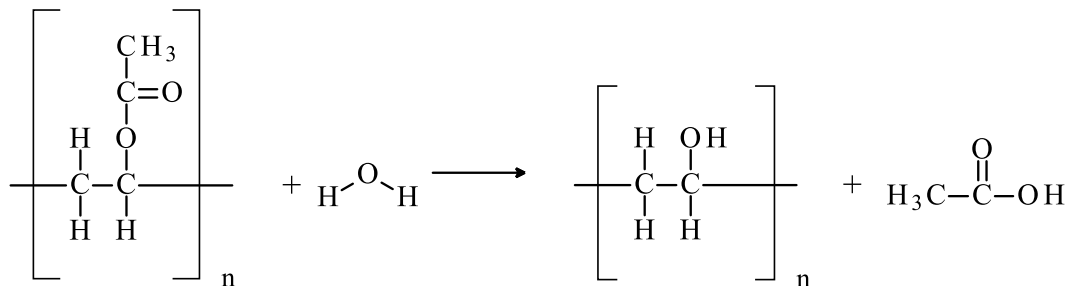


- 5 Massa van een hele keten: $2,3 \cdot 10^3$ u (gegeven)

Massa van één eenheid: 86,088 u ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$)

Dus het aantal eenheden: $\frac{2,3 \cdot 10^3}{86,088} = \underline{\underline{27}}$

- 6 Aangevulde reactievergelijking:



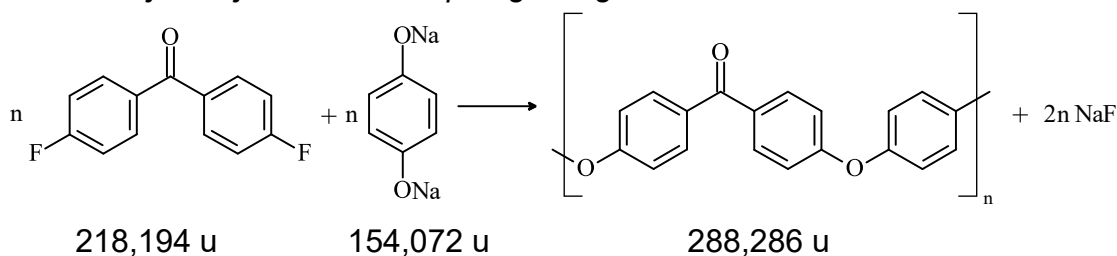
- 7 Estergroepen en amidegroepen kun je hydrolyseren. In de keten alleen C-C bindingen en deze zijn heel stabiel en breken niet snel.

PEEK

- 8 Massa van een hele keten: $8,5 \cdot 10^4$ u (gegeven)
 Massa van één eenheid: 288,286 u ($C_{19}H_{12}O_3$)

Dus het aantal eenheden: $\frac{8,5 \cdot 10^4}{288,286} = \underline{\underline{2,9 \cdot 10^2}}$

- 9 *Het kan zijn dat je dit onderwerp nog niet gehad hebt.*



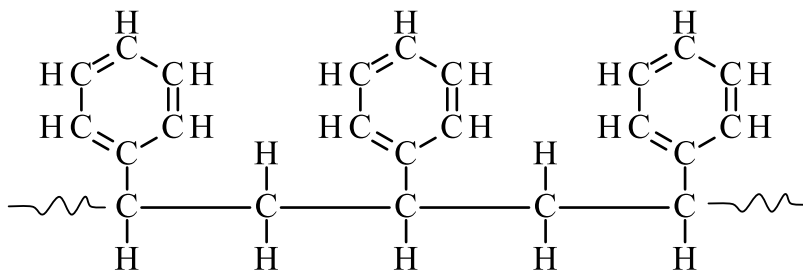
Massa van de beginstoffen: $218,194 + 154,072 = 372,266$ u

Werkelijke opbrengst product: $0,95 \cdot 288,286 = 273,87$ u

$$E\text{-factor} = \frac{372,266 - 0,95 \cdot 288,286}{0,95 \cdot 288,286} = \underline{\underline{0,34}}$$

Plastic bekertjes

- 10 Een fragment van polystyreen bestaande uit drie eenheden:



- 11 Hoe regelmatig de structuur, des te beter kunnen de ketens stapelen. De syndiotactische (midden) en isotactische (onder) vorm van PS zijn regelmatig, dus meer kristallijne gebieden. De atactische vorm zal meer amorf zijn.
- 12 Gebruik Binastabel 96D. Zoek in het register op “recycleersymbool”.



- 13 Lineaire ketens, dus een thermoplast. Je kunt PS omsmelten en in een nieuwe vorm spuiten/gieten/extruderen.

14 PS: $m = 23 \cdot 2,8 = 64,4 \text{ g}$

Dus ook dezelfde massa PS-eenheden:

Styreen: $m = 64,4 \text{ g}$

C_8H_8 $M = 104,144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{64,4}{104,144} = 0,618 \text{ mol}$$

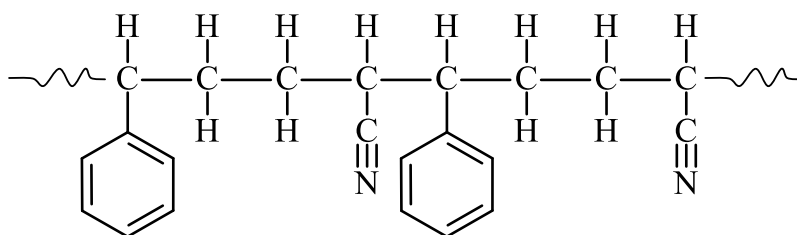
CO_2 : $n = 8 \cdot 0,618 = 4,95 \text{ mol}$ (1 : 8)

$V_m = 24,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

$V = n \cdot V_m = 4,95 \cdot 24,5 = \underline{121 \text{ dm}^3}$

SAN

- 15 Een fragment van SAN bestaande uit twee eenheden van beide monomeren.



Meestal bevat SAN zo'n 75 massaprocent styreen en 25 massaprocent acrylonitril

- 16 Stel je neemt 100 g SAN-polymeer, dan heb je ook 100 g monomeren, waarvan 75 massa% styreen is en 25 massa% acrylonitril:

Styreen: $m = 0,75 \cdot 100 = 75 \text{ g}$

$M = 104,144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{75}{104,144} = 0,72 \text{ mol}$$

Actrylonitril: $m = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ g}$

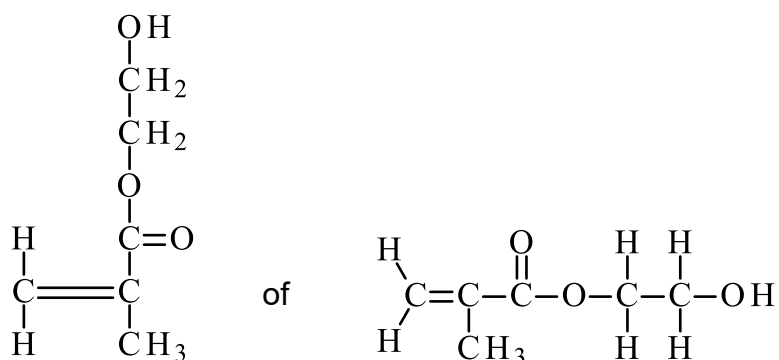
$M = 53,064 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{25}{53,064} = 0,47 \text{ mol}$$

Dus per monomeer acrylonitril heb je $\frac{0,72}{0,47} = \underline{1,5}$ eenheden styreen

Zachte contactlenzen

- 17 De structuurformule van HEMA:



- 18 Stel je neemt 100 g hydrogel, dan heb je 72 g water en 18 g pHEMA en dus ook 18 g HEMA-eenheden.

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O}: \quad m &= 72 \text{ g} \\ M &= 18,015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ n &= \frac{m}{M} = \frac{72}{18,015} = 4,0 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HEMA:} \quad m &= 18 \text{ g} \\ \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_3 \quad M &= 130,14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ n &= \frac{m}{M} = \frac{18}{130,14} = 0,138 \text{ mol} \end{aligned}$$

Dus watermoleculen per HEMA-eenheid:

$$n = \frac{4,0}{0,138} = \underline{\underline{29}}$$