

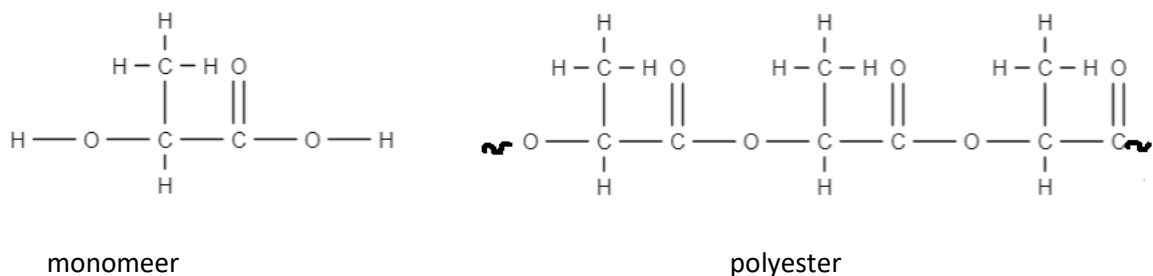
Bijspijkerprogramma vwo scheikunde onderdeel 36 condensatiepolymeren

Leerdoelen

- Je kunt de structuurformule van een polyester, polyether en polyamide tekenen.
- Je met de structuurformule van een polyester, polyether en polyamide de structuurformule van de monomeren afleiden.
- Je kunt aan de hand van de structuurformule van een polymeer uitleggen of het polymeer een thermoplast of een thermoharder is.

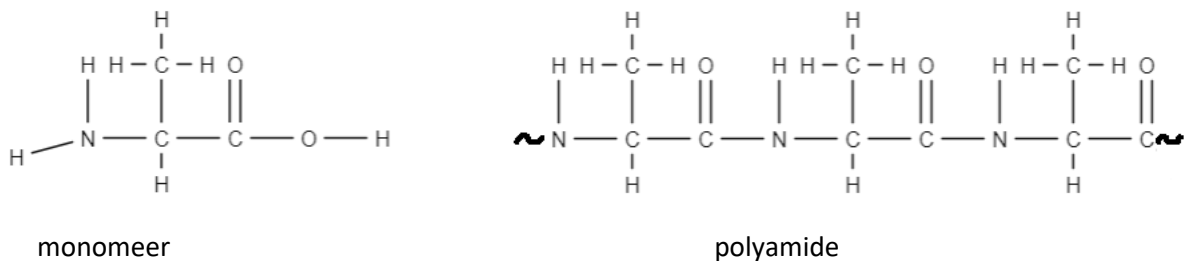
Bij het vormen van een condensatiepolymeer ontstaat naast het polymeer ook een kleine stof, dat is meestal water.

Polyester: het monomeer heeft een hydroxy-groep en een zuurgroep.



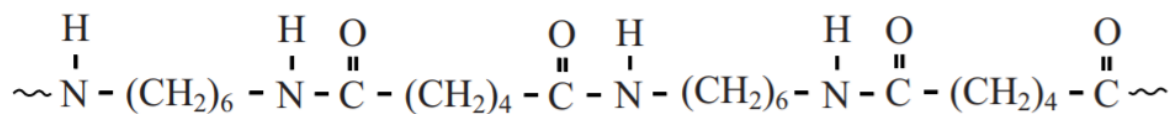
In molecuulformules kun je het vormen van de ester zo noteren $n \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \rightarrow (\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2)_n + n \text{ H}_2\text{O}$.

Polyamide: het monomeer heeft een amino-groep en een zuurgroep. De amide-binding ($\text{C}=\text{ONH}$) zie je ook in eiwitten en wordt bij eiwitten peptidebinding genoemd.

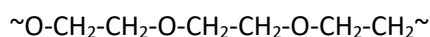


Een polyester kan ook een copolymeer zijn van een dizuur en een diol.

Een polyamide kan ook een copolymeer zijn van een dizuur en een diamine. Bijvoorbeeld nylon:



Een polyether ontstaat uit een diol, je hebt dan C-O-C in de polymeerketen. Poly-ethaan-1,2-diol is:



[Uitlegfilmpje](#)



[overzichtsfilmpje polymeren](#)



[voorbeeldexamenopgave](#)

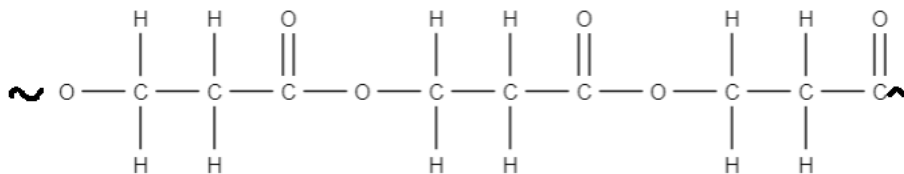


[nog een voorbeeldexamenopgave](#)



Opgave 1

- a. Geef de structuurformule en de naam van het monomeer waar dit polymeer van is gemaakt:



- b. Bereken het gemiddelde aantal monomeereenheden als de gemiddelde massa van een polymeerketen $3,4 \cdot 10^5$ u is.

Opgave 2

- a. Geef in structuurformules waarbij n moleculen butaandizuur en n moleculen butaan-1,4-diol reageren tot een copolymeer.
- b. Bereken hoeveel gram butaandizuur nodig is om 1,0 kg van dit polymeer te maken.

Opgave 3

Stanyl[®] is een hittebestendig polymeer dat bij ongeveer 300 °C vloeibaar wordt. Het is een condensatiepolymeer van de monomeren hexaandizuur en butaan-1,4-diamine.

Stanyl[®] wordt onder andere toegepast in printplaten van computers en mobieltjes. Doordat het pas bij hoge temperatuur vloeibaar wordt, is solderen mogelijk zonder dat de printplaat smelt of kromtrekt.

- a. Geef een gedeelte van een molecuul Stanyl[®] in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en bestaan uit één eenheid van elk van beide monomeren.

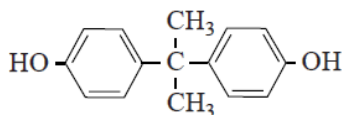
Het butaan-1,4-diamine wordt in een aantal stappen bereid.

In de laatste stap wordt butaan-1,4-diamine bereid uit waterstof en butaan-1,4-dinitril ($\text{N}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{N}$).

- b** Bereken hoeveel m³ waterstof ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$) minimaal nodig is om 1,0 ton butaan-1,4-diamine te produceren uit butaan-1,4-dinitril. Een ton is 10³ kg.
- Hexaandizuur wordt bereid door cyclohexanol (C₆H₁₂O) te laten reageren met geconcentreerd salpeterzuur. Bij de reactie ontstaan ook salpeterigzuur (HNO₂) en water.
- c** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van cyclohexanol tot hexaandizuur. Gebruik molecuulformules. In de vergelijking van de halfreactie komen ook H₂O en H⁺ voor.
- d** Geef de vergelijking van de halfreactie van salpeterzuur tot salpeterigzuur en leid de vergelijking van de totaalreactie af.
- Om het werken met salpeterzuur te vermijden, past men ook een andere methode toe om hexaandizuur te maken. Deze methode is gebaseerd op een reactie van cyclohexeen met waterstofperoxide (H₂O₂). Cyclohexeen reageert hierbij in een molverhouding van 1 : 4 met waterstofperoxide. Cyclohexeen wordt in een reactor gemengd met een oplossing van 30 massaprocent waterstofperoxide in water.
- Bij de gekozen reactieomstandigheden verloopt de reactie met een rendement van 93 procent.
- e** Bereken hoeveel ton waterstofperoxide-oplossing met 30 massaprocent H₂O₂ minimaal moet worden gebruikt om 1,0 ton hexaandizuur te maken uit cyclohexeen.

Opgave 4

Lexaan wordt gemaakt uit twee monomeren. Eén van de monomeren van lexaan is het gas fosgeen (COCl₂). Behalve fosgeen wordt als grondstof voor lexaan bisfenol-A gebruikt:



Bisfenol-A reageert in de molverhouding 1 : 2 volgens een zuurbase reactie met het aanwezige natronloog tot bisfenolaationen. Bisfenol-A reageert hierbij op vergelijkbare wijze als benzenol.

- a** Geef de vergelijking van de reactie tussen bisfenol-A en natronloog. Gebruik structuurformules voor de organische deeltjes.

Bij het maken van het polymeer komt waterstofchloride vrij.

- b** Geef van lexaan een gedeelte uit het midden van een polymermolecuul in structuurformule weer. Dit gedeelte dient te bestaan uit twee monomeereenheden fosgeen en twee monomeereenheden bisfenol-A.

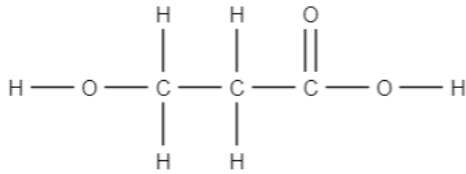
Voor bepaalde toepassingen wordt een variant van het polymeer lexaan geproduceerd. Als benzeen-1,3,5-triol wordt toegevoegd, ontstaat een netwerkpolymeer.

- c** Leg uit dat een netwerkpolymeer zal ontstaan als benzeen-1,3,5-triol wordt toegevoegd.

Antwoorden

Opgave 1

a.



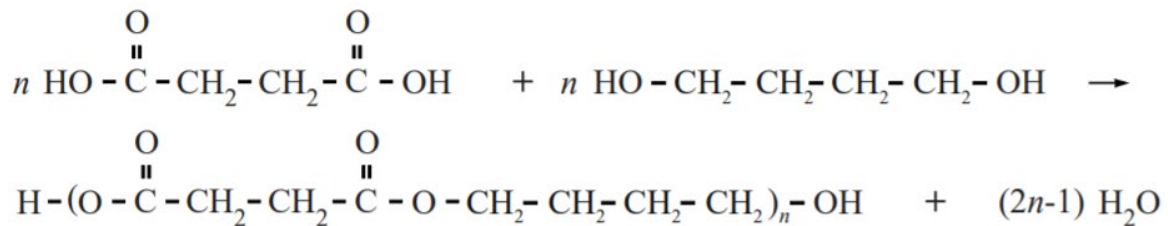
3-hydroxypropanzuur

b. Een monomeereenheid heeft de formule $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$. De massa daarvan is $3 \times 12,01 + 4 \times 1,008 + 16,00 = 72,06$ u.

$3,4 \cdot 10^5 : 72,06 = 4,7 \cdot 10^3$ monomeereenheden.

Opgave 2

a.



b. De molaire van een eenheid (wat tussen haakjes staat bij het polymeer) is

$8 \times 12,01 + 12 \times 1,008 + 4 \times 16,00 = 172,18$ g/mol.

$1,0 \cdot 10^3 \text{ gram} / 172,18 = 5,81$ mol eenheden

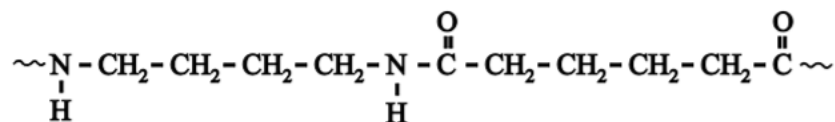
Hiervoor is 5,81 mol butaandizuur nodig.

De molaire massa van butaandizuur is $4 \times 12,01 + 6 \times 1,008 + 4 \times 16,00 = 118,09$ g/mol.

$5,81 \text{ mol} \times 118,09 \text{ g/mol} = 7,0 \cdot 10^2$ gram butaandizuur.

Opgave 3

a.



b. De molaire massa van butaan-1,4-diamine is $4 \times 12,01 + 2 \times 14,01 + 12 \times 1,008 = 88,156$ g/mol

$1,0 \cdot 10^6 \text{ gram} / 88,156 = 11344$ mol butaan-1,4-diamine.

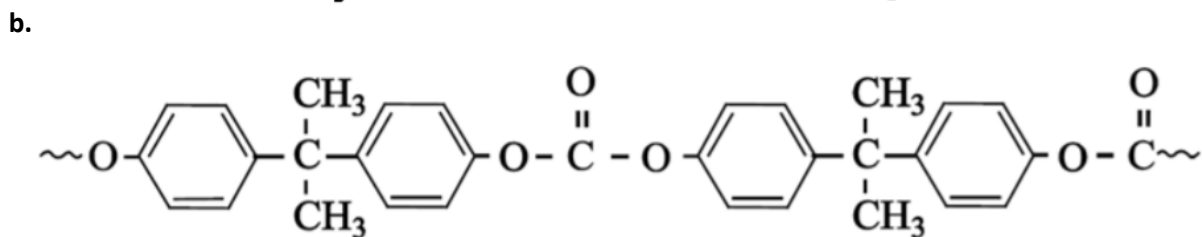
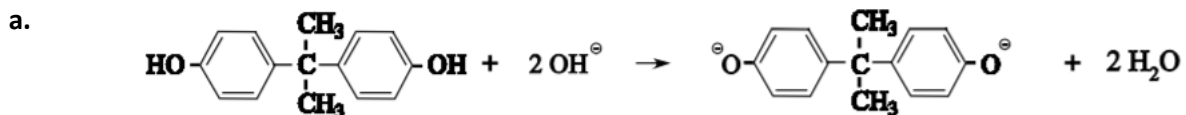
$4 \times 11344 = 45374$ mol H_2

$45374 \text{ mol} \times 24,5 \text{ L/mol} = 1,11 \cdot 10^6 \text{ L H}_2$

Dus $1,1 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ waterstof.

- c. $C_6H_{12}O + 3 H_2O \rightarrow C_6H_{10}O_4 + 8 H^+ + 8 e^-$
- d. $NO_3^- + 3 H^+ + 2e^- \rightarrow HNO_2 + H_2O$ (×4)
 $C_6H_{12}O + 3 H_2O \rightarrow C_6H_{10}O_4 + 8 H^+ + 8 e^-$ (×1)
 $C_6H_{12}O + 4 NO_3^- + 4 H^+ \rightarrow C_6H_{10}O_4 + 4 HNO_2 + H_2O$
- e. De molaire massa van hexaandizuur is $6 \times 12,01 + 10 \times 1,008 + 4 \times 16,00 = 146,1$ g/mol
 $1,0 \cdot 10^6$ gram / $146,1$ g/mol = 6843 mol hexaandizuur.
 Dit reageert met $4 \times 6843 = 27371$ mol waterstofperoxide.
 Omdat het rendement 93 % is, is er $27371 / 0,93 \times 100 = 29431$ mol waterstofperoxide nodig.
 Dat komt overeen met 29431 mol $34,015$ g/mol = 1001102 gram waterstofperoxide,
 Dus 1,0 ton waterstofperoxide.
 Omdat er 30 massa% waterstofperoxide in de oplossing zit is er $1,0 / 0,30 \times 100 = 3,3$ ton waterstofperoxide-oplossing nodig.

Opgave 4



c. 1,3,5-benzeentriol heeft drie -OH groepen, dus drie plaatsen waaraan een koppeling kan plaatsvinden. Er kunnen dus zijketens gevormd worden, daardoor ontstaat een netwerkpolymeer.