
Opgave 1

Wat denk je, zijn de volgende processen continuprocessen of batch-processen?

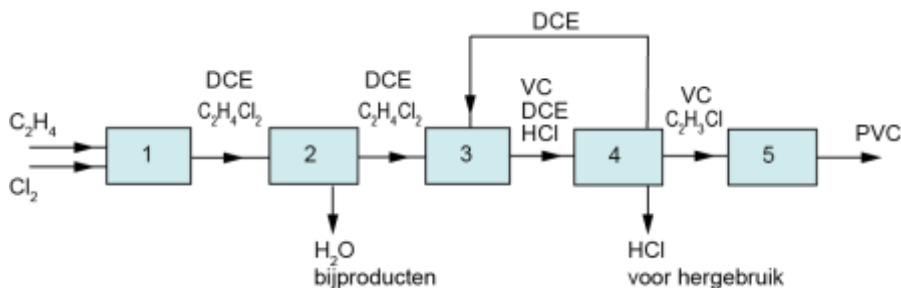
- a productie van verschillende soorten medicijnen
- b productie van verschillende kleurstoffen
- c staalproductie
- d parfumbereiding
- e drinkwaterbereiding
- f zoutwinning
- g geur- en smaakstoffenbereiding
- h kaasbereiding

- a batch-proces (verschillende producten)
- b batch-proces (verschillende producten)
- c continu, een hoogoven wordt continu gevoed (maar het ijzer kan best batch-gewijze verder verwerkt worden ...)
- d batch-proces (verschillende producten)
- e continu
- f continu (zout dat in de grond wordt opgelost en opgepompt)
- g batch-proces (verschillende producten)
- h batch-proces

Opgave 2

Bereiding van PVC (polyvinylchloride). In onderstaand blokschema is, sterk vereenvoudigd, de globale productie van PVC in beeld.

Elk blokje stelt een procesonderdeel voor.



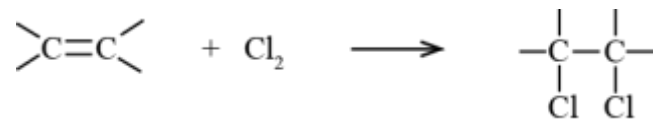
We gaan uit van etheen (C_2H_4) en chloorgas (Cl_2). Deze worden reactor 1 in geleid. In ruimtes 2 en 4 worden stoffen gescheiden.

- a Welke reactie treedt op in reactor 1?

- b Wat voor type reactie is dit?
 c Wat gebeurt er in ruimte 2?
 d In ruimte 3 is de temperatuur 500°C, welke reactie treedt op?
 e Wat is het resultaat van de scheiding in ruimte 4?
 f Hoe luidt de reactievergelijking van de reactie in reactor 5?

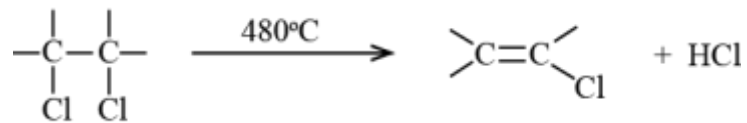
a Reactor 1

Additie van Cl₂ aan etheen, resultaat is 1,2-dichloorethaan (DE).



- b Het reactieype: additiereactie. Additie van Cl₂ aan etheen.
 c In reactor 2 wordt dichloorethaan gezuiverd en de bijproducten worden afgevoerd.
 d Reactor 3

Bij hoge temperatuur (480 – 500 °C) wordt HCl geëlimineerd:

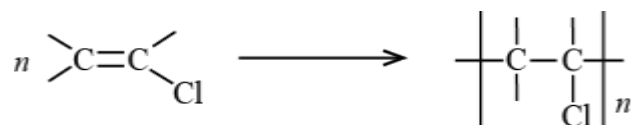


e 4 Scheidingsruimte

Dichloorethaan wordt teruggevoerd naar reactor 3, HCl afgevoerd voor gebruik in een ander proces.

f Reactor 5

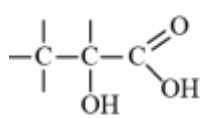
Polymerisatie van het chlooretheen (VC, vinylchloride) tot PVC.



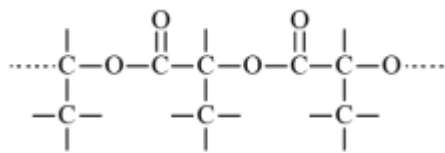
Opgave 3

Kunststoffen leveren een aanzienlijk afvalprobleem. Zij zijn in de regel niet biologisch afbreekbaar. Uitzondering hierop is polymelkzuur: PLA (poly lactic acid).

PLA wordt gebruikt voor weggooi-bestek. Maar ook voor chirurgisch materiaal, want, achtergebleven in het lichaam lost het langzaam maar zeker op. PLA is ook populair bij 3D-printing.

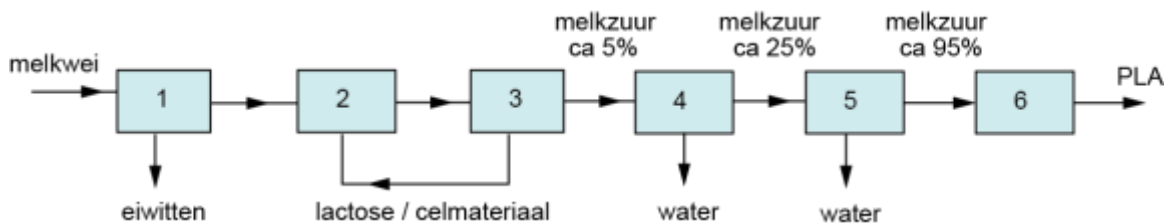


melkzuur



polymelkzuur

De bereiding van PLA uit melkwei kan globaal als volgt worden gegeven:



De zes processen: polymerisatie, omgekeerde osmose, filtratie (2x), vacuümdestillatie en fermentatie.

a Tot welk type kunststof behoort PLA op grond van de structuurformule?

b Welk procesonderdeel hoort bij elk van de reactornummers 1 t/m 6?

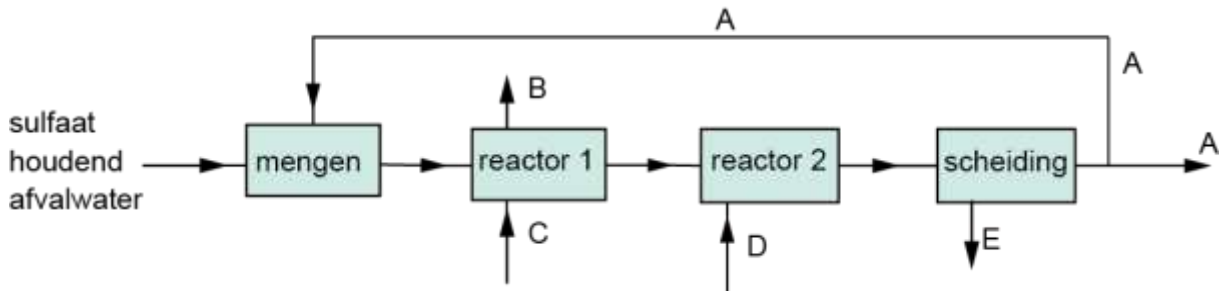
a PLA is een polyester. De OH-groep en de COOH-groep van een volgend molecuul geven een esterbinding.

b Antwoord is hier niet zo gemakkelijk te geven omdat er 4 x een scheiding in voorkomt. Maar de vacuümdestillatie op het laatst ligt wel redelijk voor de hand. Dan heb je het meest zuivere product waarmee je verder kan. En dan de omgekeerde osmose voor de afscheiding van water daar vlak voor.

1	filtratie	Er wordt eiwit afgescheiden, eiwit bestaat uit macromoleculen, scheiding op deeltjesgrootte.
2	fermentatie	Celmateriaal (bacteriën) en niet omgezet lactose worden in vat 2 teruggevoerd, blijkbaar gebeurt hier de fermentatie: de omzetting van suikers tot melkzuur.
3	filtratie	Afscheiden van lactose en celmateriaal, (ultra-) filtratie.
4	omgekeerde osmose	Scheiden van moleculen op molecuulgrootte, watermoleculen worden door een membraan onder druk afgescheiden. Concentratie melkzuur neemt toe.
5	vacuümdestillatie	Destillatie bij lage druk en lage temperatuur, verdere concentratieverhoging van melkzuur.
6	polymerisatie	Polymeervorming.

Opgave 4

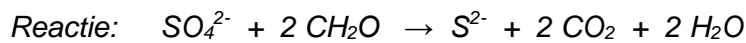
Zuivering van sulfaat (SO_4^{2-}) houdend afvalwater. Thiopack proces (examen 2002 HAVO bewerkt)



Sulfaat houdend afvalwater doorloopt het proces volgens bovenstaand blokschema. Het sulfaat houdend water moet worden ontzwaveld.

Reactor 1

Hier wordt een reductor (methanal (CH_2O)) toegevoerd. Bacteriën zetten sulfaat om tot sulfide.

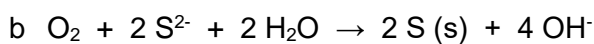


Reactor 2

In de tweede reactor wordt door toevoeren van zuurstof het sulfide omgezet tot zwavel. Bij een debiet van 40 m^3 water per uur, met $2,0 \text{ g SO}_4^{2-}$ per liter, wordt 60 kg sulfaat verwijderd.

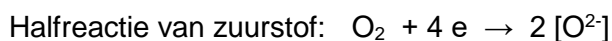
- Geef de betekenis van A, B, C, D en E.
- Geef de reactie in reactor 2. Welke stof is reductor, welke oxidator?
- Welke scheidingsmethode ligt voor de hand?
- Hoeveel $\%(m/m)$ sulfaat wordt verwijderd?
- Hoeveel kg zwavel ontstaat per uur?

- A gezuiverd water, sulfaatarm
B CO_2
C methanal
D zuurstof
E zwavel

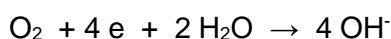


Bedenk het volgende:

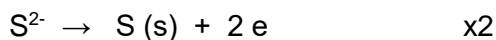
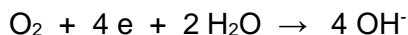
S^{2-} moet worden omgezet tot S. Zuurstof is de oxidator die de elektronen opneemt.



Maar zuurstof 2 min is geen stabiel ion. In neutraal milieu is hier water bij nodig:



Deze halfreactie kun je natuurlijk ook in tabel II of Binas tabel 48 vinden. Som van de halfreacties:



----- +



Zuurstof neemt elektronen op en is dus oxidator.

Sulfide geeft elektronen weg, is dus reductor.

c Zwavel is een vaste stof met een hogere dichtheid dan water. Dus bezinken en afschenken. Waarschijnlijk filtreren wegens zwevend materiaal.

d Er komt per uur in: $40000 \text{ L} \times 2,0 \text{ g/l} = 80000 \text{ g} \blacktriangleright 80,0 \text{ kg SO}_4^{2-}$

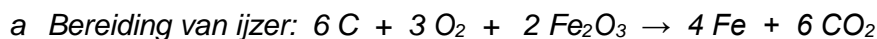
Verwijderd per uur: 60 kg . Dat is dus: $60 / 80 \times 100\% = 75\%(m/m)$

e 60 kg sulfaat levert: $60\,000 \text{ g} / 96,06 \text{ g/mol} = 625 \text{ mol SO}_4^{2-}$

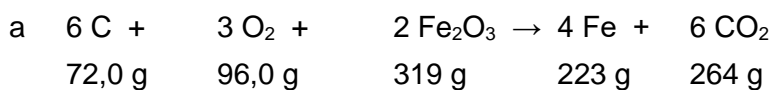
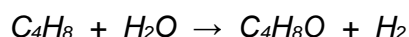
Er komt ook 625 mol S vrij. $625 \times 32,06 = 20025 \text{ g} \blacktriangleright 20 \text{ kg S}$

Opgave 5

Bereken de atoomeconomie en de E-factor voor de volgende reacties:

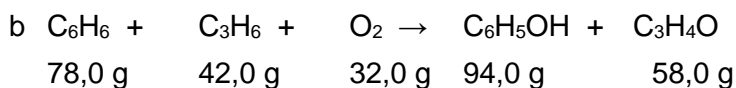


c Bereiding van butanon (in meerdere niet getoonde stappen) uit 2-buteen:



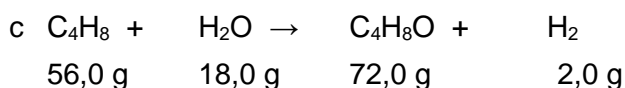
atoomeconomie: $223 / (223 + 264) = 0,46 \blacktriangleright 46\%$

E-factor: $(223 + 264 - 223) / 223 = 1,18$



atoomeconomie: $58,0 / (94,0 + 58,0) = 0,382 \blacktriangleright 38\%$

E-factor: $94,0 / 58,0 = 1,62$



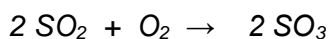
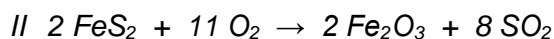
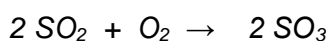
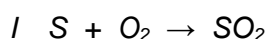
atoomeconomie: $72,0 / (72,0 + 2,0) = 0,973 \blacktriangleright$ **97%**

E-factor: $2,0 / 72,0 =$ **0,028**

Opgave 6

Zwavelzuur kan op verschillende manieren worden bereid. We bekijken er twee.

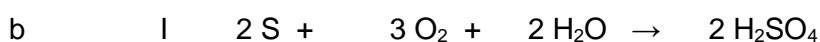
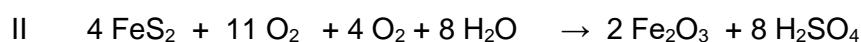
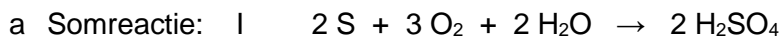
I uit zwavel (S), en II uit ijzer(II)disulfide (FeS₂):



a Bepaal voor iedere bereiding de totale (som)reactie.

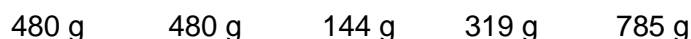
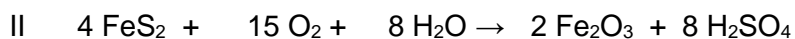
b Bereken voor beide reacties de atoomeconomie en de E-factor.

c Welke reactie heeft in de groene chemie de voorkeur?



atoomeconomie: $98,1 / 98,1 = 1,00 \blacktriangleright$ **100%**

E-factor: **0,0**



atoomeconomie: $785 / (319 + 785) = 0,71 \blacktriangleright$ **71%**

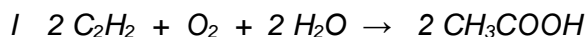
E-factor: $319 / 785 =$ **0,41**

c Reactie I heeft natuurlijk de voorkeur.

Opgave 7

Azijnzuur kan op verschillende manieren worden bereid. We bekijken er twee.

I uit ethyn (C_2H_2) en II uit methanol (CH_3OH):



a Bereken voor beide reacties de atomeconomie en de E-factor.

b Welke reactie heeft in de groene chemie de voorkeur?

c Waar zal de voorkeur verder vanaf hangen?

a De atomeconomie is in beide gevallen 100%. Er ontstaat alleen 'gewenst product' en geen bijproduct.

De E-factor is in beide gevallen 0,0.

b Hieruit valt geen voorkeur op te maken.

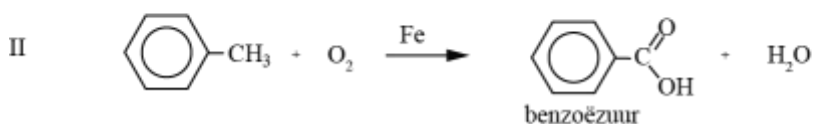
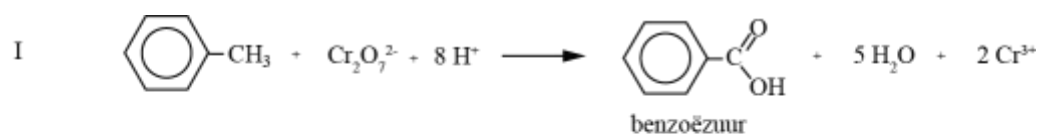
c Voorkeur van een van beide bereidingen hangt dan af van:

- beschikbaarheid en prijs grondstoffen,
- energie-effect: welke reactie kost de meeste energie?
- evenwicht: welke reactie loopt het best af naar rechts?

Opgave 8

Benzoëzuur kan op verschillende manieren worden bereid. We kijken hier naar een laboratoriumbereiding (reactie I) en volgens een industriële bereiding (reactie II).

De 6-ring is een benzeenring, of hier beter: fenylgroep, met bruto formule: $-C_6H_5$.



a Bereken voor beide reacties de atomeconomie en de E-factor.

b Welke reactie heeft in de groene chemie de voorkeur?

a	Reactie I	1 toluen ($C_6H_5CH_3$):	92,0 g
		1 dicromaat:	216,0 g
		8 protonen:	8,00 g

Uitwerkingen van de opgaven uit:

Basisscheikunde voor het hbo ISBN 9789491764196 1^e druk Uitgeverij Syntax media

Hoofdstuk 14 Chemische processen

bladzijde 8

1 benzoëzuur (C_6H_5COOH): 122,0 g

5 water: 90,0 g

2 chroom: 104,0 g

Atomeconomie: $122,0 / (122,0 + 90,0 + 104,0) \times 100\% = \mathbf{38,6\%}$

E-factor: $(90,0 + 104,0) / 122,0 = \mathbf{1,59}$

Reactie II 1 toluen ($C_6H_5CH_3$): 92,0 g

1 zuurstof: 32,0 g

1 benzoëzuur (C_6H_5COOH): 122,0 g

1 water: 18,0 g

Atomeconomie: $122,0 / (122,0 + 18,0) \times 100\% = \mathbf{87,1\%}$

E-factor: $18,0 / 122,0 = \mathbf{0,15}$

b Reactie II heeft de voorkeur.

(Maar dat is zonder de berekening ook wel in te zien.)