



Blok 7

INHOUD

BASISSTOF

T1	Producten van de chemische industrie	160
W1		161
T2	Ammoniak en kunstmest	161
W2		162
T3	Kunststoffen	163
W3		165
T4	Recycling van plastics	166
W4		167
T5	Alcohol en katalysatoren	168
W5		169
T6	Het hoogovenproces	171
W6		172

HERHAALSTOF

H1	Ammoniak en kunstmest	172
H2	Kunststoffen	173
H3	Alcohol en katalysatoren	175
H4	Het hoogovenproces	176
HE	Examentraining	176

LEERDOELEN

- 1 Je moet een aantal producten van de chemische industrie kunnen noemen. [P1, T1, W1]
- 2 Je moet van crème en tandpasta kunnen vertellen waarvan ze worden gemaakt. [P1]
- 3 Je moet kunnen vertellen welke verschillen er zijn tussen een emulsie en een suspensie. [P1]
- 4 Je moet kunnen vertellen uit welke stoffen ammoniak bereid wordt. [P2, T2]
- 5 Je moet kunnen vertellen waar ammoniak voor gebruikt wordt. [P2, T2, W2]
- 6 Je moet kunnen vertellen dat ammonia een basisch reinigingsmiddel is. [P2]
- 7 Je moet de formules kunnen opschrijven van de kunstmeststoffen die van ammoniak gemaakt worden. [T2, W2]
- 8 Je moet kunnen vertellen waaruit polymeren ontstaan. [T3, W3]
- 9 Je moet een vergelijking kunnen opstellen van het ontstaan van polyethen en pvc. [T3, W3]
- 10 Je moet de namen en structuurformules kunnen opschrijven van de monomeren etheen, propeen en chlooretheen. [T3, W3]
- 11 Je moet het verschil kunnen opschrijven tussen thermoplasten en thermoharders. [P3, T3, W3]



Chemie in het groot

- 12 Je moet kunnen vertellen wat bij kraken gebeurt en welke stoffen dan ontstaan. [T3, W3]
- 13 Je moet voor- en nadelen kunnen noemen van het gebruik van polymeren (plastics). [P4, T4, W4]
- 14 Je moet kunnen vertellen hoe de alcohol in wijn en bier ontstaat, en hoe het alcoholpercentage opgevoerd kan worden. [P3, T5, W5]
- 15 Je moet de molecuulformules van water, waterstofperoxide, ammoniak, alcohol en glucose kunnen noemen. [T2, T5]
- 16 Je moet kunnen vertellen dat waterstofperoxide door licht (fotolyse) wordt ontleed, en dat deze ontleding kan worden versneld door toevoeging van een katalysator. [P5, T5, W5]
- 17 Je moet voorbeelden en voordelen kunnen noemen van katalysatoren. [P5, T5, W5]
- 18 Je moet in een grafiek kunnen aflezen op welk moment er een katalysator is toegevoegd. [T5, W5]
- 19 Je moet het bereidingsproces van ijzer uit ijzererts kunnen opschrijven met de bijbehorende reactievergelijkingen. [T6, W6]
- 20 Je moet kunnen vertellen hoe uit zinkerts zuiver zink bereid kan worden. [T6, W6]

T1 Producten van de chemische industrie

In de chemische industrie worden allerlei stoffen gemaakt die niet in de natuur voorkomen. De chemische industrie heeft de natuur echter wel nodig! Uit de aardkorst worden metaalertsen, aardolie en aardgas gehaald. Uit de lucht komen stikstof, zuurstof en edelgassen. Uit planten en dieren worden oliën en vetten gehaald. De chemische industrie maakt hiervan een groot aantal grondstoffen zoals: etheen, zwavelzuur, natriumhydroxide, propeen, etheenoxide, staal, zuurstof, stikstof, ammoniak, natriumchloride en nog veel meer producten.

Producten die door de chemische industrie worden gemaakt, zie je overal om je heen.

Kunststoffen worden steeds meer gebruikt. Zonder kunststoffen zou de wereld er erg vreemd uitzien. Kunststoffen worden toegepast in plastics, cosmetica, kaarsen, kleding, auto's, verpakkingen, verf, tv's, cd-spelers, computers, huizen, koelkasten, enzovoorts.

Zepen zijn er tegenwoordig in heel veel verschillende soorten. Er is gewone zeep om de handen te wassen, maar bovendien zijn er nog speciale zeepen voor bijvoorbeeld 'het zachte babyhuidje' en verder allerlei afwasmiddelen, shampoos, wasmiddelen, scheerzeepen, reinigingsmiddelen voor elke vlek, enzovoorts.

Geneesmiddelen kwamen oorspronkelijk uit de natuur. Tegenwoordig zijn er echter zo ontzettend veel geneesmiddelen nodig, dat ze in de industrie moeten worden gemaakt.

Kunstmest is nodig om alle mensen op aarde te kunnen voeden. Kunstmest bevat vaak stikstof, fosfor en kalium in verschillende verbindingen.

Brandstoffen: er worden per dag enorme hoeveelheden benzine, dieselolie of lpg gebruikt in auto's, schepen, vrachtwagens, bromfietsen en motoren. Benzine en dieselolie worden gemaakt uit aardolie.

Metalen: de meeste producten die van metaal gemaakt zijn, bestaan uit een mengsel van metalen. Zo'n mengsel heet een legering. De metalen worden eerst uit ertsen gehaald en daarna tot legeringen met de juiste eigenschappen samengesmolten.

Kleurstoffen worden gebruikt in verf, in voedingsmiddelen en om kleding een kleur te geven.

Industriële gassen zijn onder andere stikstof, zuurstof en edelgassen. Stikstof wordt gebruikt om wratten weg te branden. Verder reageert stikstof met waterstof tot ammoniak. Zuurstof wordt gebruikt in de staalindustrie en in ziekenhuizen. Edelgassen worden toegepast in lampen.

- 1 Kijk eens naar en in je boekentas. Schrijf alle dingen die je bij je hebt, onder elkaar op. Zet erachter tot welke groep of groepen chemische producten ze horen.

VOORBEELD:

balpen: kunststoffen, metalen, kleurstoffen
boeken: papier

- 2 Leg uit waarom geneesmiddelen tegenwoordig door de chemische industrie worden gemaakt.
- 3 Geef de formules van drie bekende industriële gasen, en vertel van elk gas waarvoor het wordt gebruikt.
- 4 Leg uit of in kunstmest stikstof als ontleedbare stof wordt gebruikt of als niet-ontleedbare stof.
- 5 'Eigenlijk hebben we de natuur helemaal niet meer nodig, alles kan tegenwoordig worden nagemaakt.' Leg uit of deze uitspraak juist is of onjuist.

FIG. 1 Ammoniak en kunstmest.



T2 Ammoniak en kunstmest

Ammoniak is een grondstof voor onder andere de productie van kunstmest (figuur 1). Thuis wordt het opgelost in water gebruikt om oppervlakken die geschilderd moeten worden, schoon te maken.

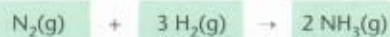
Ammoniak

Ammoniak wordt gemaakt door waterstof en stikstof met elkaar te laten reageren.

Stikstof wordt uit de lucht gehaald, want lucht bestaat voor 80% uit stikstof. Door lucht af te koelen tot ongeveer 200 °C onder nul ontstaat een vloeistofmengsel dat gedestilleerd kan worden.

Waterstof wordt geproduceerd door methaan, CH₄(g) te laten reageren met stoom, H₂O(g). Behalve waterstof ontstaat dan ook nog koolstofdioxide. De koolstofdioxide wordt na de reactie verwijderd.

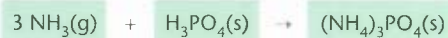
Vervolgens reageren waterstof en stikstof bij een bepaalde temperatuur en druk met elkaar:



Als de gevormde ammoniak wordt opgelost in water ontstaat ammonia, NH₃(aq).

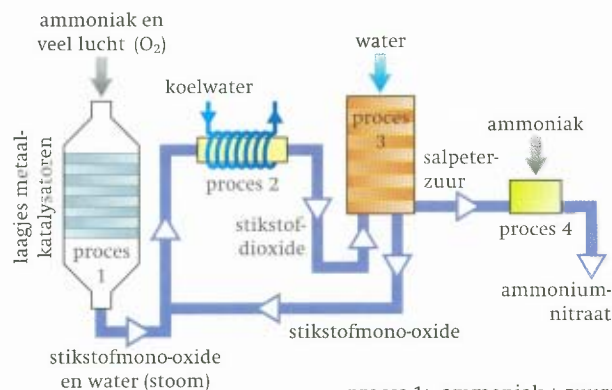
Kunstmeststoffen

De ammoniak die gevormd is, kan worden gebruikt bij de productie van *kunstmest*. Ammoniumnitraat, ammoniumsulfaat en ammoniumfosfaat zijn kunstmeststoffen. Ze bevatten allemaal het ammonium-ion, NH₄⁺ en verder NO₃⁻, SO₄²⁻ of PO₄³⁻-ionen. Alle ammoniummeststoffen zijn goed oplosbaar in water. Ammoniumfosfaat wordt gemaakt door ammoniak te laten reageren met fosforzuur:



Op eenzelfde manier kunnen ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat gemaakt worden.

FIG. 2 Productieschema van de vorming van ammoniumnitraat.



proces 1: ammoniak + zuurstof \rightarrow stikstofmono-oxide + water

proces 2: stikstofmono-oxide + zuurstof \rightarrow stikstofdioxide

proces 3: stikstofdioxide + water \rightarrow salpeterzuur + stikstofmono-oxide

proces 4: ammoniak + salpeterzuur \rightarrow ammoniumnitraat

- 1 Leg uit waarom lucht eerst afgekoeld moet worden, voordat het gedestilleerd kan worden.
- 2 Geef de reactievergelijking van de vorming van waterstof uit koolstofmono-oxide en water. Bij dit proces ontstaat ook koolstofdioxide.
- 3 Door welke oplossing zou men koolstofdioxide moeten laten borrelen om het uit een mengsel van koolstofdioxide en waterstof te verwijderen?
- 4 Wat is het massapercentage stikstof in ammoniakgas?
- 5 a Geef de reactievergelijking van proces 1 en 4 uit figuur 2.
b Geef de formules van de reactieproducten die ontstaan bij proces 3 uit figuur 2.
c Bereken het massapercentage stikstof in NH_4NO_3 .
- 6 De kunstmeststof ammoniumsulfaat kan worden gevormd uit ammoniak en zwavelzuur. Geef van deze reactie de vergelijking.
- 7 Een tuinder wil fosfaten sproeien met een sproeiinstallatie. Leg uit waarom ammoniumfosfaat geschikt is om te sproeien maar calciumfosfaat niet.
- 8 Groene groenten zoals sla en spinazie krijgen als kunstmest veel nitraten. Wat zal er met de waterplanten in de sloot gebeuren als er veel nitraten in terechtkomen?

T3 Kunststoffen

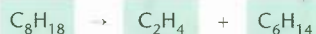
Kunststoffen behoren tot de belangrijkste producten van de chemische industrie. Ongeveer 60% van alle geproduceerde chemicaliën is een kunststof! Nummer 1 in de toptien van meest verkochte chemische verbindingen in Europa staat etheen, de grondstof voor het plastic polyetheen. Ook de productie van propeen neemt grote vormen aan. In de toptien staat het thans op de zevende plaats.

Alkenen

Etheen en propeen behoren tot de *alkenen*. In T5 van blok 2 heb je de algemene formule voor de alkenen leren kennen: C_nH_{2n} . Figuur 3 laat zien dat alkenen een dubbele binding hebben tussen twee C-atomen.

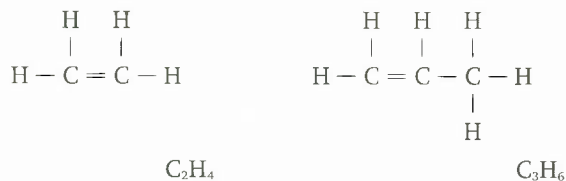
Kraken

Alkenen ontstaan als grote alkaanmoleculen gekraakt worden (zie T5 van blok 2). Bij kraken worden grote moleculen afgebroken tot kleinere moleculen. Daarbij wordt de hulp ingeroepen van een katalysator (zie T5 van dit blok). Een voorbeeld:



Bij deze reactie ontstaan etheen en hexaan. Welke stoffen ontstaan hangt af van de gebruikte katalysator, de temperatuur en de druk.

FIG. 3 Structuurformules en molecuulformules van etheen en propeen.

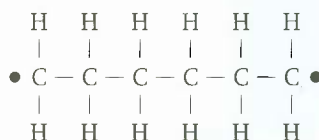


Plasticproductie: polymeriseren

Stoffen als etheen en propeen worden *monomeren* genoemd. Als een heleboel monomeermoleculen met elkaar reageren, dan ontstaat een *polymeer*.

Uit etheen ontstaat het polymeer polyetheen. Een molecuul van dit polymeer bevat tussen de 4 000 en 40 000 koolstofatomen! Die kunnen we niet allemaal tekenen. Daarom zetten we aan het begin en aan het eind van een polymeermolecuul vaak een puntje (figuur 4). Daarmee geven we aan dat de keten eigenlijk langer is.

FIG. 4 Structuurformule van polyetheen.



Polyetheen wordt gebruikt als elektrisch isolatiemateriaal in elektriciteitskabels, in plastic verpakkingen en in plastic flessen voor bijvoorbeeld (af)wasmiddelen.

Bij het monomeer etheen laat men de dubbele bindingen (bij hoge druk en met behulp van katalysatoren) openspringen. Hierdoor kunnen de etheenmoleculen zich met elkaar verbinden tot het polymeer polyetheen, afgekort PE. Meestal staat op producten die gemaakt zijn van dit plastic niet PE maar LDPE: low density polyetheen (polyetheen met een lage dichtheid).

Als katalysator voor de reactie wordt vaak een metaaloxide gebruikt (figuur 5).

FIG. 5 Productie van polyetheen in structuurformules.

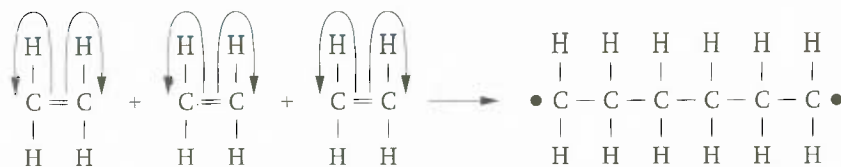


FIG. 6 Allerlei plastic producten.



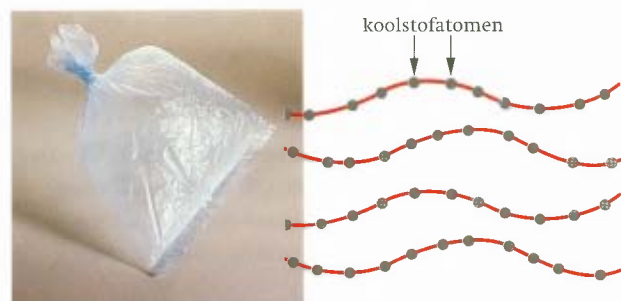
Polypropeen (PP) is een plastic dat ook heel veel toegepast wordt: in verpakkingsmateriaal, in garens voor vloerkleden en kleding, in autobumpers en in afwas-teltjes.

Thermoplasten en thermoharders

Thermoplasten zijn plastics die gemakkelijk te buigen zijn. Ze worden zacht bij verwarmen. Voorbeelden: polyvinylchloride (pvc), polyetheen en polypropeen. Bij deze plastics liggen de ketens *naast elkaar* en kunnen daardoor nog bewegen (figuur 7).

Thermoharders zijn plastics die heel erg stug en stevig zijn. Ze worden niet zacht bij verwarmen.

FIG. 7 Een thermoplast.



Toepassing van een thermoplast in een plastic boterhamzakje.

FIG. 8 Een thermoharder.



Toepassing van een thermoharder in een wc-bril

Voorbeelden: PUR-schuim (isolatiemateriaal; PUR = polyurethaan) en PF (wc-bril; PF = polyfluorethaan). Een thermoharder heeft ook hele lange ketens, maar de ketens zijn *onderling met elkaar verbonden*. Daarom zijn deze plastics veel stugger en harder dan thermoplasten (figuur 8).

- 1 Geef de reactieschema's en reactievergelijkingen met molecuulformules en structuurformules van het kraken van nonaan, C_9H_{20} in etheen en één alkaan.
 - 2 Stel de reactievergelijking op met structuurformules van de polymerisatie van chlooretheen tot polychlooretheen, pvc. Neem drie moleculen van het monomeer chlooretheen.
 - 3 Pvc-moleculen vormen lange rechte ketens. Is pvc een thermoharder of een thermoplast?
 - 4 Sommige koekenpannen hebben een *anti-aanbaklaag* (figuur 9). Deze laag bestaat uit teflon. De structuurformule van een stukje teflon is afgebeeld in figuur 10.
Het stukje teflon van figuur 10 is ontstaan uit drie moleculen van een monomeer.
 - a Wat is de molecuulformule van het monomeer van teflon?
 - b Geef ook de structuurformule van het monomeer van teflon.
 - c Vraag thuis eens aan de 'kok' welke nadelen een anti-aanbaklaag heeft.
- In figuur 11 staat het blokschema voor de productie van het polymeer teflon uit het monomeer tetrafluoretheen.

FIG. 11 Blokschema voor de productie van teflon.

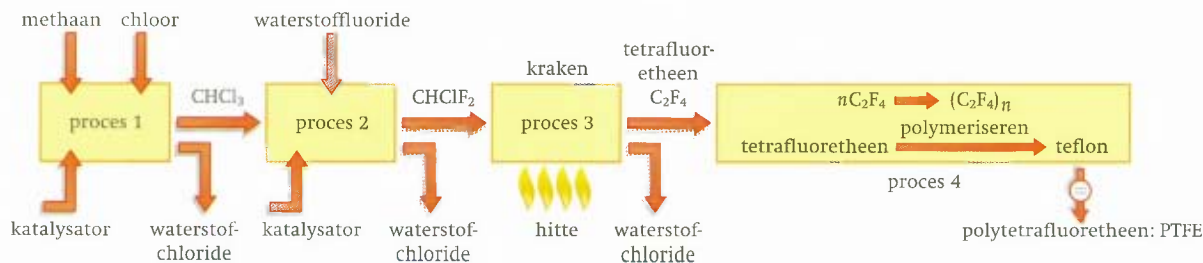
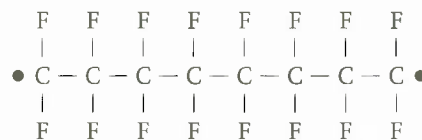


FIG. 9 Koekenpan bekleed met teflon.



FIG. 10 Structuurformule van teflon.

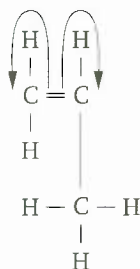


- d Geef de naam van de reactieproducten die ontstaan bij proces 1.
- e Geef de vergelijking met molecuulformules van de reactie die optreedt bij proces 2.
- f Waarom wordt er een katalysator toegevoegd bij deze processen?
- g Geef de reactievergelijking met structuurformules van proces 3.
- h Geef de formule van het gevaarlijke gas dat bij deze processen als afvalproduct ontstaat.

T4 Recycling van plastics

- 5 Leg uit of je voor het maken van een regenpijp gebruik moet maken van een thermoharder of een thermoplast.
- 6 Als je met propeen wilt polymeriseren, dan zit ogenschijnlijk de achterste CH_3 -groep 'in de weg'. Daarom tekenen we in de reactievergelijking propeen zoals in figuur 12.
- a Teken een stukje van een molecuul polypropeen met minstens negen koolstofatomen.
- b Teken een stukje van een molecuul polybuteen met minstens twaalf koolstofatomen.

FIG. 12 Structuurformule van propeen als monomeer.



Glas recyclen: Eenvoudig!

Vrijwel elke Nederlander gooit zijn *glas* keurig in de glasbak, zodat het glas weer gesmolten kan worden en opnieuw gebruikt. Het wordt wel gesorteerd op kleur, maar gelukkig zijn er slechts drie kleuren. Al het glas heeft meestal bijna dezelfde samenstelling. Nadat het gesmolten is, kan het zo weer opnieuw gebruikt worden.

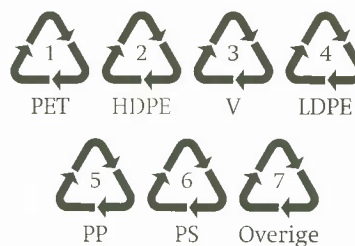
Plastic recyclen: Moeilijk!

Bij *plastics* ligt het veel moeilijker. Er zijn zeer veel verschillende soorten plastics (figuur 13). Sommige plastics bestaan alleen uit koolstof en waterstof, andere bevatten ook nog chloor of andere atoomsoorten. Plastics met verschillende kleuren hebben een verschillende samenstelling. Voordat met recyclen begonnen kan worden, moet al het plastic gesorteerd worden. Men is daarom op zoek naar een goedkope sorteermethode. Nu kost sorteren en verwerken méér dan nieuw plastic maken.

Er zijn *drie manieren* om plastic opnieuw te gebruiken:

- vermalen tot korreltjes en de korreltjes opnieuw tot producten vormen;
- kraken zodat de oorspronkelijke monomeren weer ontstaan;
- verbranden, waarbij de hitte die ontstaat wordt gebruikt voor het maken van andere plastics.

Fig. 13 Identificatie-symbolen voor plastics.



Tegenwoordig wordt van veel plastics gezegd dat ze afbreekbaar zijn. Deze plastics zijn er wel, maar worden nog heel erg weinig gebruikt. Plastics worden juist zoveel gebruikt omdat ze niet of nauwelijks aangetast worden door andere stoffen. Dus in de natuur zullen de meeste soorten niet erg gauw afbreken.

Voordelen van plastic vergeleken met andere materialen:

- Plastics zijn goedkoop.
- Plastics zijn gemakkelijk te bewerken en verwerken.
- Plastics worden niet of nauwelijks aangetast door chemicaliën.
- Plastics hebben een isolerende werking.
- Van plastics kunnen heel veel verschillende producten gemaakt worden als je kijkt naar de hardheid, elasticiteit, buigzaamheid, sterkte en doorzichtigheid!

Nadelen van plastics:

- Op vuilnisbelten verteren plastics niet of nauwelijks.
- Bij de productie en het verbranden van plastics komen schadelijke stoffen vrij.
- Veel zwerfvuil bestaat uit plastic.
- Veel plastic verpakkingen zijn overbodig, maar omdat plastic zo goedkoop is worden veel producten toch verpakt.
- Plastics worden vaak gekleurd met giftige, zware metalen.
- Recyclen van plastic is erg moeilijk, doordat er zoveel verschillende soorten plastic zijn.
- In tegenstelling tot wat veel mensen denken, zijn vrijwel alle plastics *niet* afbreekbaar.

- 1 'Het gebruik van plastic vuilniszakken moet verboden worden. We moeten weer metalen vuilnisbakken gebruiken die een aantal jaren meegaan.'
Geef een aantal redenen waarom je het met deze uitspraken eens of oneens bent. Noem een aantal voor- en nadelen van het gebruik van plastic zakken en plastic containers.
- 2 Noem drie manieren waarop plastic opnieuw gebruikt kan worden.
- 3 Leg uit waarom glas bijna altijd en plastic (nog) bijna nooit gerecycled wordt.
- 4 Welke voordelen heeft plastic vergeleken met andere materialen?
- 5 Welke nadelen heeft plastic?
- 6 De lijst hieronder geeft aan waarvoor plastic wordt gebruikt.

verpakkingsmateriaal	36%
bouwmateriaal	21%
elektrische en elektronische industrie	10%
transportindustrie	5%
meubelindustrie	5%
speelgoed en vrije tijd	4%
ander gebruik	19%

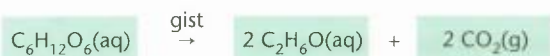
 - a Maak hiervan een kolomdiagram.
 - b Welk gebruik kan volgens jou eenvoudig vermindert worden?
 - c Noem een aantal methoden om dit gebruik aan te pakken, waarbij je ervoor moet zorgen dat niet weer te veel andere problemen ontstaan.

T5 Alcohol en katalysatoren

Alcohol (ethanol) wordt niet alleen gebruikt om te drinken, maar ook in cosmetica en geneesmiddelen. Verder als oplosmiddel en bij de bereiding van allerlei geur- en smaakstoffen. De molecuulformule van alcohol is C_2H_6O .

Bereiding van alcohol

Voor het maken van *alcoholhoudende* dranken wordt glucose uit vruchten of zaden met behulp van enzymen uit gistcellen omgezet in ethanol en koolstofdioxide:



Gerst wordt als grondstof voor bier gebruikt, druiven voor wijn, aardappelen voor wodka en suikerriet voor rum. Ook suikerbieten, pruimen, bananen en zwarte bessen worden gebruikt om alcoholhoudende dranken te maken. De gist bevat enzymen die de omzetting van glucose zeer sterk versnellen. Enzymen worden daarom *bio-katalysatoren* genoemd.

De gistcellen gaan dood als het alcoholpercentage boven de 15% komt. Het percentage alcohol in alcoholhoudende dranken kan echter worden verhoogd door destillatie.

Enzymen

Enzymen worden op heel veel plaatsen toegepast. Vaak zijn ze nuttig maar niet altijd. Sommige enzymen kunnen voedsel bederven. Enzymen worden gemaakt door bacteriën en schimmels.

Voedselbederf kan worden tegengegaan door:

- een zure oplossing zoals azijn bij het voedsel te doen; door de lage pH vermindert de werking van de enzymen;
- suiker of zout toe te voegen, waarbij water onttrokken wordt; hierdoor krijgen de bacteriën en schimmels geen kans meer zich verder te ontwikkelen;
- het voedsel te drogen, waardoor al het water eruit verdwijnt en hetzelfde effect optreedt als hiervoor;
- het voedsel in te vriezen, waarbij de temperatuur zo laag wordt, dat de enzymen niet meer kunnen werken.

Alcohol als brandstof

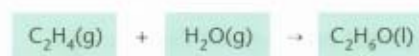
Alcohol in zuivere vorm is een prima brandstof. Het levert per liter veel energie. Het wordt gemengd met benzine als brandstof voor auto's toegepast in Amerika. Alcohol wordt uit natuurproducten gemaakt, vandaar de naam 'biofuel'.

Alcohol als drank

Alcohol is een *giftige stof*. Het tast de lever en het zenuwstelsel aan en kan leiden tot een ernstig gebrek aan vitamine B1. Het is een verslavende stof. Ongeveer 2% (ca. 300 000) van de mensen in Nederland is verslaafd aan alcohol.

Katalysatoren

In het *laboratorium* wordt alcohol gemaakt uit etheen:

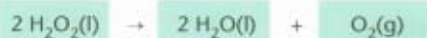


Deze alcohol wordt ook wel 'synthetische alcohol' genoemd. Bij dit proces is een katalysator nodig. Een *katalysator* is een stof die een reactie sneller laat verlopen. Een katalysator wordt niet *verbruikt*. Met andere woorden: een katalysator raakt nooit op.

Katalysatoren worden in de industrie steeds meer toegepast, omdat ze de productie van stoffen goedkoper maken. Bij het *kraakproces* bijvoorbeeld wil men erg graag etheen produceren. Dat kan alleen maar als men de juiste katalysator toevoegt. Katalysatoren zijn ook belangrijk voor het *milieu*. Denk maar aan de katalysator in de uitlaat van auto's.

Waterstofperoxide ontleeft langzaam in licht. Zo'n ontleding heet *fotolyse*. Door er een schepje bruinsteen bij te doen ontleeft waterstofperoxide veel sneller.

Bruinsteen is dus de katalysator bij de ontleding van waterstofperoxide.



- 1 Leg uit of alcohol en 'synthetische' alcohol verschillende eigenschappen hebben.
- 2 Jetse doet druiven en gist in een fles. Hij doet er een kurk op, zodat er geen bacteriën bij kunnen komen. Op een nacht hoort hij een vreselijke knal: de fles is uit elkaar gespat.
Leg uit waardoor de fles uit elkaar knalde.
- 3 Leg uit waarom de alcohol uit vruchten of zaden niet gebruikt wordt voor cosmetica of geneesmiddelen.
- 4 Frederike heeft wijn gemaakt. De wijn bevat 12,0% alcohol. Hoe kan ze ervoor zorgen dat het alcoholpercentage hoger wordt?
 - A destilleren
 - B filtreren
 - C indampen
 - D water afgieten
- 5 Na verloop van tijd stopte de vergisting in de wijn van Frederike, terwijl er nog wel glucose inzat. Leg uit waardoor dit veroorzaakt wordt.
- 6 Bereken hoeveel etheen gebruikt moet worden om 1000 kg ethanol te maken.
- 7 Alcohol is een giftige en brandbare stof. Welke twee pictogrammen moeten dus op een fles alcohol staan?

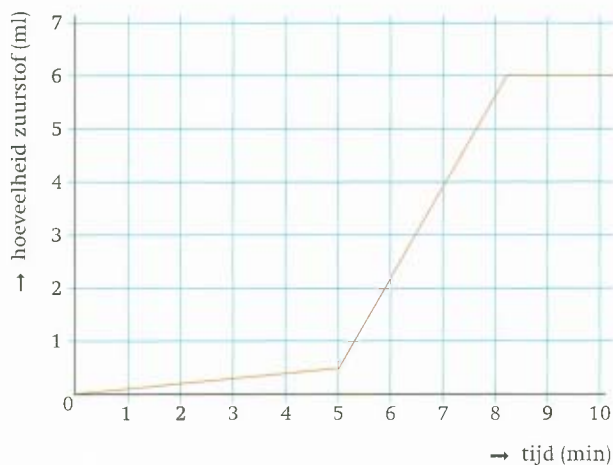
- 8** Spiritus is een mengsel van water, alcohol, kleurstof en giftige stof. De alcohol uit dit mengsel destilleren is niet mogelijk.

Welke eigenschap moet de vloeistof dus hebben die behalve alcohol in de spiritus zit?

- A ongeveer hetzelfde kookpunt als alcohol
 - B een kookpunt dat sterk verschilt van dat van alcohol
 - C ongeveer hetzelfde kookpunt als water
- 9** Alcoholvrij bier wordt gemaakt door de alcohol uit het bier te halen of door ervoor te zorgen dat er weinig of geen alcohol wordt gevormd.
- a** Kan alcohol verwijderd worden door filtreren met filtreerpapier?
 - b** Kan alcohol verwijderd worden door destillatie?

- 10** Leg uit waarom katalysatoren steeds belangrijker worden voor de industrie.

FIG. 14 Ontleding van waterstofperoxide.



- 11** Monique doet bij een hoeveelheid waterstofperoxide een schepje bruinsteen. De waterstofperoxide begint te bruisen. Na verloop van tijd houdt het bruisen op.

a Geef de naam van het gas dat het bruisen veroorzaakt.

b Ze filtreert de oplossing die is achtergebleven. Leg uit of ze de bruinsteenpoeder die ze nu over heeft, opnieuw kan gebruiken.

- 12** In de grafiek van figuur 14 staat de ontleding van waterstofperoxide met behulp van een katalysator.

a Na hoeveel minuten is de katalysator bij de waterstofperoxide gedaan?

b Na hoeveel minuten stopte de reactie?

- 13** Waardoor kan voedsel bederven?

- 14** Geef een voorbeeld van voedsel dat wordt bewaard door:

a de pH te verlagen;

b te drogen;

c in te vriezen;

d suiker toe te voegen.

T6 Het hoogovenproces

De Hoogovens in IJmuiden zijn gespecialiseerd in de bereiding van *ijzer* en *staal*. Staal is ijzer gemengd met koolstof.

Bereiding van ijzer

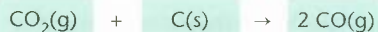
In een hoogoven wordt een mengsel van ijzererts, cokes en calciumcarbonaat (kalk) gestort (figuur 15). De cokes (C) verbrandt bij 1200 °C tot koolstofmono-oxide (CO).



De CO reageert met ijzererts tot ijzer (Fe) en koolstofdioxide (CO₂). De temperatuur bij dit proces is ook ongeveer 1200 °C.

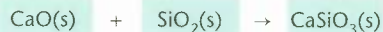


De koolstofdioxide stijgt op en reageert met koolstof tot koolstofmono-oxide.



Deze CO reageert dan weer met ijzererts.

De kalk dient om de resten van het erts te binden. Bij de hoge temperatuur valt de kalk uiteen in koolstofdioxide en calciumoxide. Het calciumoxide reageert met de steen in het ijzererts en vormt dan de 'slak':



Ijzer gevormd in een hoogoven noemt men *ruwijzer*. Het ruwijzer moet nog bewerkingen ondergaan. Daarbij ontstaat dan onder andere *staal*.

Bereiding van andere metalen

Op eenzelfde manier als bij de bereiding van ijzer uit ijzererts kan uit zinkerts en kopererts respectievelijk zink en koper gemaakt worden.

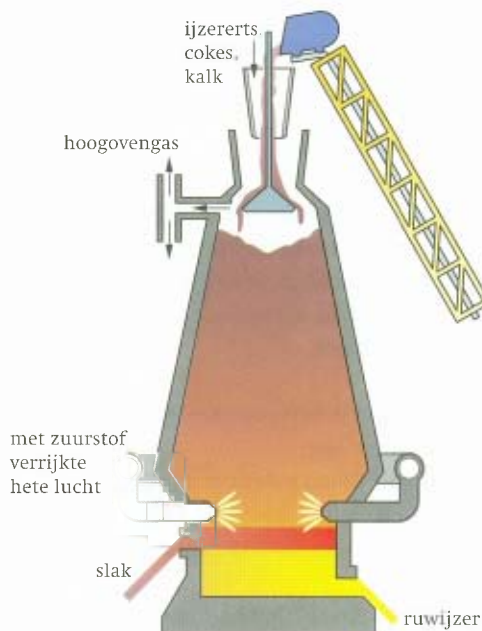
Zinkerts bevat vaak *zinksulfide*, dat eerst door een reactie met zuurstof wordt omgezet in zinkoxide:



Daarna reageert het zinkoxide met bijvoorbeeld koolstofmono-oxide tot zink en koolstofdioxide.



FIG. 15 Doorsnede van een hoogoven.



- 1 Als van ijzer(III)oxide ijzer wordt gemaakt, veranderen de ijzer(III)ionen in ijzeratomen.
Geef de vergelijking van deze reactie.
- 2 Ijzer(III)oxide kan ook reageren met koolstof. Er ontstaat koolstofmono-oxide en ijzer.
 - a Schrijf de vergelijking van deze reactie op.
 - b Wat gebeurt er in de hoogoven met het koolstofmono-oxide dat daarbij zou ontstaan?
- 3 Roestvast staal bevat 70% ijzer, 20% chroom en 10% nikkel.
'Zacht' plaatstaal voor een autokarkas bevat 99,8% ijzer en 0,2% koolstof.
 - a Welke van deze twee mengsels is een legering?
 - A geen van beide
 - B alleen roestvast staal
 - C alleen zacht plaatstaal
 - D beide
 - b Er is 1000 ton ijzer geproduceerd. Bereken met hoeveel ton chroom en nikkel dit gemengd moet worden om roestvast staal te krijgen.
Bereken eerst in welke massaverhouding je de drie metalen moet mengen.
- 4 De Hoogovens liggen in Nederland in IJmuiden, direct aan de Noordzee.
 - a Noem twee voordelen van deze ligging.
 - b Noem een nadeel. (Denk aan de meest voorkomende windrichting in Nederland.)
- 5 Welke problemen levert de omzetting van zinksulfide in zinkoxide op voor het milieu?
- 6 Zinkerts bevat 60,0 massaprocent zinksulfide.
Bereken hoeveel kg zink gemaakt kan worden uit 1000 kg zinkerts.

Ammoniak en kunstmest

Ammoniak, $\text{NH}_3(\text{g})$ wordt gemaakt door waterstof en stikstof bij een bepaalde temperatuur en druk met elkaar te laten reageren. Als de gevormde ammoniak wordt opgelost in water, ontstaat *ammonia*, $\text{NH}_3(\text{aq})$.

Uit ammoniak kunnen diverse *kunstmeststoffen* worden gemaakt, zoals ammoniumnitraat, ammoniumsulfaat en ammoniumfosfaat.

- 1 Geef de reactievergelijking van de vorming van ammoniak.
- 2
 - a Bereken hoeveel gram stikstof men met hoeveel gram waterstof moet laten reageren om ammoniak te krijgen zonder iets van de beginstoffen over te houden.
 - b In de industrie mengt men 75% waterstof met 25% stikstof. Mengt men dan gassen met elkaar of vaste stoffen?
- 3 Ammoniumnitraat kan bij ontleden ook zuurstof leveren en wordt daarom in springstoffen gebruikt. Bereken hoeveel gram zuurstof kan ontstaan uit 1000 gram ammoniumnitraat. Bereken eerst het massapercentage zuurstof in ammoniumnitraat.

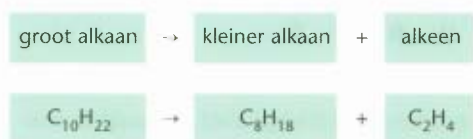
H2 Kunststoffen

Alkenen

De grondstof voor veel *plastics* is etheen, propen of chlooretheen. Etheen en propen zijn *alkenen*. De algemene formule voor de alkenen is C_nH_{2n} . *Alkenen* hebben altijd één dubbele binding tussen twee koolstofatomen.

Alkenen ontstaan bij het *kraken* van grote moleculen (figuur 16).

FIG. 16 Kraken van grote moleculen.



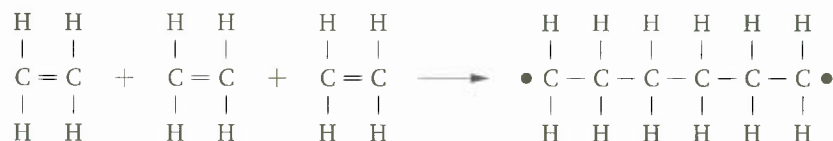
Polymeriseren

Bij het *polymeriseren* laat men *monomeren* met elkaar reageren tot *polymeren* (figuur 17). Polyetheen (PE), polypropen (PP), polyvinylchloride (pvc) en polytetrafluoretheen (teflon) ontstaan op deze manier.

Thermoharders en thermoplasten

De polymeren met veel vertakte ketens worden *thermoharders* genoemd. De polymeren met weinig of geen vertakte ketens worden *thermoplasten* genoemd. Thermoharders zijn stug en slecht te buigen, thermoplasten zijn gemakkelijk buigbaar (figuur 18).

FIG. 17 Monomeren reageren tot polymeren.



Recyclen van plastics

Plastics recyclen is erg moeilijk, omdat er zoveel verschillende soorten plastics zijn.

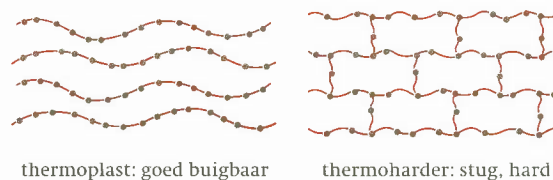
Voordelen van plastics vergeleken met andere materialen:

- Plastics zijn goedkoop.
- Plastics zijn gemakkelijk te bewerken en verwerken.
- Plastics worden niet of nauwelijks aangetast door chemicaliën.
- Plastics hebben een isolerende werking.
- Van plastics kunnen heel veel verschillende producten gemaakt worden als je kijkt naar de hardheid, elasticiteit, buigzaamheid, sterkte en doorzichtigheid!

Nadelen van plastics:

- Op vuilnisbelten verteren plastics niet of nauwelijks.
- Bij de productie en het verbranden van plastics komen schadelijke stoffen vrij.
- Veel zwerfvuil bestaat uit plastic.
- Veel plastic verpakkingen zijn overbodig, maar omdat plastic zo goedkoop is worden veel producten toch verpakt.
- Plastics worden vaak gekleurd met giftige, zware metalen.

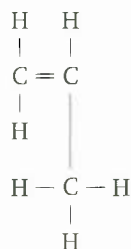
FIG. 18 Thermoharders en thermoplasten.



- 1 Bij het kraken van een molecuul $C_{12}H_{26}$ ontstaan etheen, propen en nog één andere stof.
 - a Geef de vergelijking van deze reactie.
 - b Schrijf de structuurformules van de *onverzadigde* koolwaterstoffen die ontstaan op.

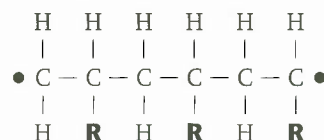
- 2 In figuur 19 staat de structuurformule van het monomeer propen getekend.
 - a Teken een stukje van de structuurformule van polypropen, dat uit minstens drie propen-moleculen is opgebouwd.
 - b Bekijk nog eens de tekening van het polyetheen (zie figuur 4). Leg uit waarom van polypropen gemakkelijker een thermoharder gemaakt kan worden dan van polyetheen.
 - c Noem de belangrijkste verschillen tussen thermoharders en thermoplasten als je let op de structuurformules en de toepassingen.
 - d Geef de namen van de stoffen die ontstaan bij de volledige verbranding van polypropen, $(C_3H_6)_n$.

FIG. 19 Structuurformule van propen.



- 3 In figuur 20 staat een model voor een polymeer.
 - a Welk symbool moet in plaats van de **R** worden ingevuld bij polyetheen?
 - b Wat moet in plaats van de **R** worden ingevuld bij polypropen?
 - c Teken dit stuk molecuul na. Laat de plaats van de **R** open. Zet op de plaats van de **R** nu Cl neer, en je hebt pvc gekregen.
 - d Teken het monomeer dat bij pvc hoort.

FIG. 20 Model voor een polymeer.



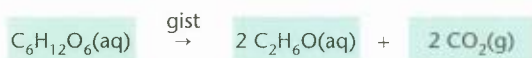
- 4 Leg uit of een kunststofsleepkabel gemaakt is van een thermoharder of van een thermoplast.
- 5 De milieugroepen hebben er in Nederland voor gevochten om statiegeld te krijgen op de pet-fles. Noem minstens twee redenen waarom ze dat gedaan hebben.

H3 Alcohol en katalysatoren

Alcohol

Alcohol kan gemaakt worden uit de glucose die in veel vruchten en zaden voorkomt. Hierbij werkt gist als een soort biologische katalysator (enzym). Gist werkt het best bij temperaturen van ongeveer 25 °C.

Ontstaat er te veel alcohol, dan gaan de gistcellen dood. Daarom is het maximale alcoholpercentage tussen de 12 en 15%.



Alcohol wordt gebruikt voor de bereiding van alcoholhoudende dranken, maar ook voor cosmetica, geneesmiddelen en oplosmiddelen.

Alcohol kan ook als brandstof gebruikt worden.

Uit het handboek van een alcoholstoker:

'Doej in den mengbak 2200 liter water, 350 kilo suiker en 35 kg gist. Goet roere. As de suiker is opgelos dan in de gistbak. Ongeveer 50 uur staan late. Wel afsluite mar de deksel dr niet vast opslaan. Temmeratuur 22 gr. zomers en 28 gr. winters. Pas op nie hoger dan 32 gr. Na de 50 ure proeve. Is het nog zuut dan nog een tijdje staan late. Ge hebt nou alkehol mee een presentage van ongeveer 10 percent. Daarna moete gaan stoken op ongeveer 80 gr sessieus. De eerste vloestof moete weer trug gooie, en opnieuw stoke. Twee kilo suiker geef een liter alkehol van 96 percent.'

- 1 Hoeveel liter alcohol van 96% zal deze stoker ongeveer krijgen?
- 2 Als glucose gebruikt wordt voor de alcoholbereiding, geef dan de reactievergelijking.
- 3 Leg uit waarom de deksel er niet vast opgeslagen mag worden.

- 4 Leg uit waarom de temperatuur zo nauwkeurig in de gaten moet worden gehouden.
- 5 Na 50 uur wordt geproefd. Als het nog zoet is, laat men het nog een tijdje staan. Waarom laat men het nog een tijdje staan?
- 6 Leg uit waarom men moet stoken bij 80 °C.
- 7 Geef de naam die wij meestal gebruiken voor 'stoken'.
- 8 De eerste vloeistof gooit men terug. Leg uit waarom je denkt dat dat gebeurt.

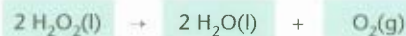
Katalysatoren en enzymen

Een *katalysator* is een stof die een reactie versnelt *zonder* daarbij zelf *verbruikt* te worden.

Een *enzym* doet ongeveer hetzelfde als een katalysator, maar dan bij biologische processen. Sommige enzymen bederven voedsel. Daarom probeert men het ontstaan van deze enzymen tegen te gaan met conserveermiddelen.

Bekende manieren van *conserveren*: zuren, zouten, versuikeren, drogen en invriezen.

- 9 In een reageerbuis met waterstofperoxide doet men een schepje bruinsteen. Het waterstofperoxide ontleedt daardoor snel in zuurstof en water. De zuurstof toont men aan met een gloeiend stukje hout, dat harder gaat gloeien.



- a Leg uit waarom de bruinsteen niet in de reactievergelijking staat.
 - b Leg uit of het stukje hout ook een katalysator is.
- 10 a Waardoor ontstaat voedselbederf?
 - b Noem een aantal methoden om voedselbederf tegen te gaan.

H4 Het hoogovenproces

In een hoogoven wordt *ijzer* en *staal* gemaakt uit ijzererts met behulp van cokes. De cokes wordt gedeeltelijk omgezet in koolstofmono-oxide.

De koolstofmono-oxide, CO(g) reageert daarna met ijzererts tot ijzer (Fe) en koolstofdioxide (CO₂). De temperatuur bij dit proces is ongeveer 1200 °C.



- a** Welke lading heeft ijzer in Fe₂O₃?

b Nemen deze ijzerionen elektronen op of staan ze elektronen af?
- Veronderstel dat men een apparaat zou willen bouwen om de koolstofdioxide uit de rook van de hoogovens te halen. Geef dan de naam van een stof waarmee dit apparaat gevuld kan zijn.

- Koolstofmono-oxide reageert met zuurstof tot koolstofdioxide. Geef van deze reactie de vergelijking.

Zoals koolstofmono-oxide met ijzererts reageert, kan het ook met zinkerts reageren.



Op deze manier kunnen ook metalen als koper bereid worden.

- Kopererts bevat kopersulfide, CuS(s). Eerst wordt dit met zuurstof omgezet in koperoxide en zwavel-dioxide.
 - Schrijf de reactievergelijking op.
 - Welk milieuprobleem treedt hierbij op? Daarna reageert koperoxide met koolstofmono-oxide tot koper en koolstofdioxide.
 - Schrijf de reactievergelijking op.

HE Examentraining**VERGASSINGSTECHNOLOGIE**

- Welk mengsel kan met de technologie van figuur 21 omgezet worden?
- Leg uit of het 'omzetten' een scheidingsmethode of een ontledingsmethode is.
- Geef de namen van de vijf reactieproducten die bij dit omzetten ontstaan. ('Lage alkanen' zijn alkanen met 1, 2, 3 of 4 koolstofatomen.)
- Geef de namen van drie producten die men maakt van het synthesegas.
- Uit de Texaco-vergasser komt 'Syngas' (zie figuur 21). Dit is verontreinigd met een stinkend gas (stinkbommengas). Geef de formule en de naam van het stinkbommengas.
- Geef de vergelijking voor het ontstaan van ammoniak.
- Zoek op (en schrijf op) waardoor in deze vergasser veel pvc omgezet kan worden.

WATERSTOF VOOR STAALPRODUCTIE

- Geef de reactievergelijkingen voor het ontstaan van ijzer uit ijzererts, Fe₂O₃(s) en cokes (koolstof).
LET OP: cokes wordt eerst omgezet in koolstofmono-oxide.
- Men wil minder koolstofdioxide in de lucht hebben, omdat koolstofdioxide:
 - kalkwater troebel maakt.
 - de ozonlaag aantast.
 - het broeikaseffect erger maakt.
 - kleine stofdeeltjes (roet) in de lucht brengt.

FIG. 21 Vergassingstechnologie.

Vergassingstechnologie Texaco nu inzetbaar voor kunststofafval Demonstratie-fabriek kan eind '96 draaien

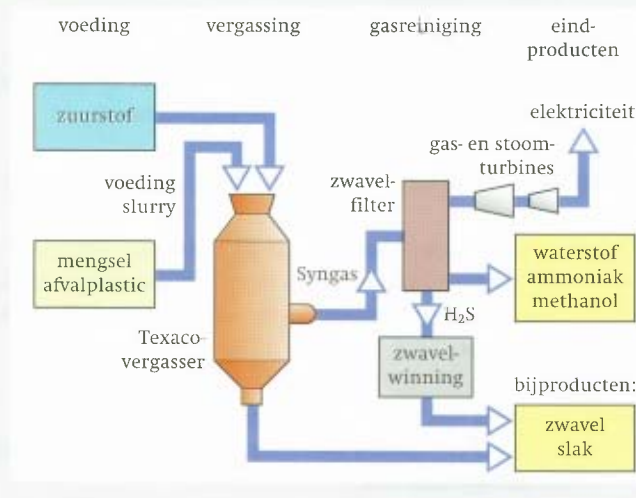
Interessante aspecten

Het nieuw ontwikkelde proces is in staat mengsels van papier en afvalplastic om te zetten in synthesesgas (syngas), een mengsel van H_2 , CO , CO_2 , CH_4 en lage alkanen. Dit gas wordt, na koeling en verwijdering van verontreinigingen, gebruikt voor de synthese van nieuwe

chemische producten als ammoniak, methanol en oxo-alcoholen. Ook bestaan er toepassingen in hydrogenerings- of ontzwavelingsinstallaties. Een belangrijk voordeel is dat in het Europoort/Botlekgebied goede afzet-mogelijkheden voor het syngas worden verwacht. Verder brengt deze technologie

een ander interessant aspect met zich mee: de vergasser is ongevoelig voor corrosie door chloor en kan dus hoge gehalten aan pvc in de voeding aan. Texaco en Badger zijn bezig een consortium samen te stellen om de fabriek eind 1996/begin 1997 operationeel te kunnen hebben.

Djamel Bouhas



De voorbewerkte voedingsstroom (slurry) wordt samen met zuurstof in de vergasser gebracht, een vuurvast vat zonder beweegbare delen of ontluchtingspunten. Hierin wordt de voeding blootgesteld aan temperaturen van 1400 °C en drukken tot 1200 psi. Door deze extreme condities zal de voeding in twee hoofdcomponenten uiteenvallen: H_2 en CO . Dit gasmengsel, bekend als syngas, wordt na koeling en reiniging gebruikt voor het maken van commerciële producten als ammoniak en methanol.

FIG. 22 Waterstof voor staalproductie.

Waterstof op proef voor staalproductie

Staalproductie Kent Steel en het research-centrum van de Europese Commissie onderzoeken of waterstof rechtstreeks ijzererts kan reduceren als alternatief voor de hoogoven.

Bart Stam

ARIGNA – Een omgebouwde elektriciteits-centrale in Arigna (Ierland) vormt tot 1996 het decor van een demonstratieproject, waarbij waterstof wordt gebruikt om ijzererts te reduceren. Westerse staal-bedrijven gebruiken doorgaans steenkool om cokes te produceren, die weer zorgen voor de ijzerertsreductie in de hoogoven.

Omdat hierbij veel kooldioxide (CO_2) vrijkomt, zoeken deskundigen naar alternatieven. Waterstof lijkt de beste papieren te hebben omdat bij verbranding slechts waterdamp vrijkomt. Bovendien zorgt waterstof voor een directe reductie van het erts zonder cokes. In Arigna injecteert men waterstof en ijzererts in een heet plasma met een hoge energiedichtheid, waardoor de reductie van het ijzererts op gang komt. Voorts ontwikkelen beide partners een waterstof-koolmonoxide-systeem, aangezien voor de juiste staalkwaliteit altijd wat koolstof nodig is.

'Waterstof vermindert de CO_2 -emissie met 2,2 kilo per kilo vloeibaar staal', merkt dr. ing. J. Gretz op, werkzaam bij het Europese researchcentrum in Ispra (Italië). 'Staalbedrijven zijn zeer geschikt voor gebruik van waterstof omdat ze zo centraal zijn georganiseerd.' Wel erkent hij dat waterstof voor Europese bedrijven momenteel duurder is dan steenkool. De proefinstallatie gaat tot 1996 zo'n 0,5 ton ruwijzer per uur produceren.

- 10 Bereken hoeveel kg koolstofdioxide vrijkomt bij de omzetting van 1000 kg ijzererts in ijzer met behulp van koolstofmono-oxide:



- 11 Als ijzer(III)oxide reageert met waterstof, ontstaan ijzer en water. Geef de vergelijking van deze reactie.
- 12 Zoek op (en schrijf op) waarom men het ijzererts niet met zuivere waterstof laat reageren.
- 13 Leg uit welk voordeel het gebruik van waterstof heeft vergeleken met het gebruik van koolstof.

AUTOKATALYSATOR

- 14 In de katalysator treedt een reactie op tussen koolstofmono-oxide en stikstofdioxide. Geef de vergelijking van deze reactie.
- 15 Leg uit of koolstofdioxide een 'onschadelijk' gas is vergeleken met koolstofmono-oxide. Denk daarbij eerst aan de schadelijkheid voor mens en dier bij inademen en daarna aan de schadelijkheid in de atmosfeer.

FIG. 24 Kunststofafval ontleden.

Kunststofafval ontleed tot basisproducten

Het chemieconcern BASF neemt over een week een proeffabriek in gebruik waarin verschillende soorten kunststofafval worden gekraakt tot eenvoudige chemische verbindingen, zoals nafta. Deze verbindingen kunnen dienen als grondstof voor de productie van nieuwe kunststoffen. De installatie krijgt een capaciteit van vijftienduizend ton per jaar. Het afvalplastic – in korrelvorm – wordt eerst verhit tot ongeveer 300 graden Celsius. Het materiaal smelt dan. Daarbij komt chloorgas vrij uit het eventueel aanwezige pvc-afval. Dit chloorgas wordt er direct in het begin uitgehaald om te voorkomen dat er bij de chemische processen in de rest

van de installatie te veel corrosie optreedt. De gesmolten massa wordt vervolgens bij hoge temperatuur – 400-450 graden Celsius – met stoom gekraakt. Daarbij ontstaan gassen zoals nafta en olefinen, waarmee weer plastic is te maken. BASF claimt dat meer dan negentig procent van het afvalplastic in de installatie kan worden omgezet in maagdelijk materiaal. De verwerking van oud tot nieuw plastic kost volgens BASF achthonderd gulden per ton, wat aanzienlijk goedkoper is dan de huidige verwerkingstechnieken. BASF wil in Ludwigshafen, op basis van deze technologie, een commerciële fabriek bouwen.

- 16 Geef de naam van de stoffen waaruit na behandeling water is ontstaan.

FIG. 23 Werking van een autokatalysator.

Hoe werkt een autokatalysator?

De werking van een katalysator is moeilijk in een paar woorden uit te leggen. Het komt erop neer dat de verbrandingsgassen een nabehandeling ondergaan, waardoor schadelijke gassen worden omgezet in onschadelijke gassen.

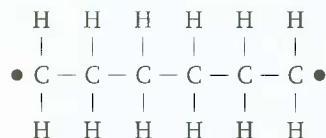
ONTLEDING VAN KUNSTSTOFAFVAL

- 17 In de fabriek wordt eerst chloor uit het afvalplastic verwijderd. Wat doet men er daarna mee?
- 18 Leg uit hoe het kan, dat er uit pvc chloor vrijkomt.
- 19 Olefinen zijn alkenen (2 of 3 C-atomen). Nafta is een mengsel van alkanen (6 tot 8 C-atomen). Leg uit waarvan je polymeren kunt maken, van olefinen of van nafta.
- 20 Bereken wat het per jaar kost om alle afvalplastic dat naar de fabriek wordt aangevoerd, om te zetten in basisproducten.

21 In figuur 25 staat een stukje PE (polyetheen) getekend.

Geef de structuurformule van het basisproduct dat de proeffabriek hiervan zal maken.

FIG. 25 Polyetheen.



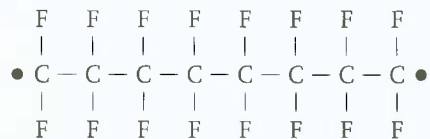
WAXEN VAN SKI'S

22 Op ski's zit een gladde laag wax die ervoor zorgt dat er geen sneeuw of ijs aan blijft plakken. Het gebruikte polymeer is getekend in figuur 26.

a Teken de structuurformule van het monomeer dat hoort bij dit polymeer.

b Geef de naam van het polymeer.

FIG. 26 Gladde laag op ski's.

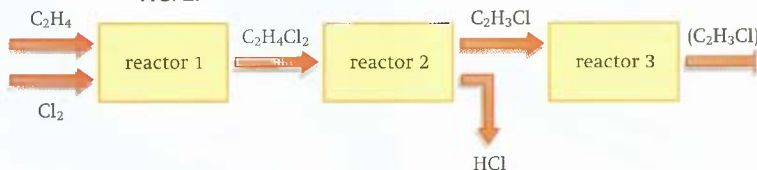


ADDITIE EN POLYMERISATIE

23 De formule van pvc is $(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})_n$.

pvc wordt gemaakt uit etheen en chloor volgens het schema van figuur 27.

FIG. 27



In reactor 1 vindt een additiereactie plaats en in reactor 3 vindt polymerisatie plaats.

a Geef de naam van de stof die ontstaat in reactor 1.

b Teken een stukje van een pvc-molecuul dat ontstaat in reactor 3. Dit stukje pvc moet minstens zes koolstofatomen bevatten.