

Plastic Hero

Begin 2009 is de campagne Plastic Hero van start gegaan. Het doel van deze campagne is meer plastic verpakkingsafval efficiënt te recyclen.

Het verzamelde plastic kan een nieuw leven krijgen als grondstof voor producten zoals fleecedekking, speelgoed en mobiele telefoons. Ook komt door recycling minder afval in verbrandingsovens terecht, waardoor de CO₂ uitstoot wordt beperkt.

Plastic Hero spoort aan om plastic afval gescheiden van ander huishoudelijk afval in te zamelen. Dit plastic afval wordt naar een sorteerstation gebracht, waar de plastics op soort worden gescheiden.



Een veel gebruikt soort plastic voor verpakkingen is polyetheen. Van polyetheen worden bijvoorbeeld plastic draagtassen en knijpflessen gemaakt.

Polyetheen wordt gevormd door polymerisatie van etheen. Etheen wordt als bijproduct in de aardolie-industrie verkregen wanneer alkanen uit aardoliefracties in een bepaald proces worden bewerkt. In dit proces worden alkanen met grote moleculen omgezet tot alkanen met kleinere moleculen.

1p 1 Hoe wordt dit proces in de aardolie-industrie genoemd?

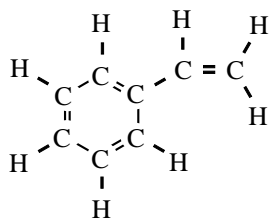
Een ander soort plastic is polypropeen, waarvan onder andere yoghurtbekers en bloempotten worden gemaakt. Polypropeen wordt gevormd door polymerisatie van propeen.

3p 2 Teken een stukje uit het midden van de structuurformule van polypropeen. In het getekende stukje moeten drie monomeereenheden zijn verwerkt.

De recyclebare plastics worden per soort vermalen tot korrels. Deze korrels worden gesmolten, in een vorm geperst en afgekoeld. Wanneer korrels polyetheen worden gesmolten, wordt een bepaald type binding verbroken.

1p 3 Geef de naam van dit type binding.

Wegwerpkoffiebekertjes worden gemaakt van polystyreen. Polystyreen wordt gevormd door polymerisatie van styreen. De structuurformule van styreen kan als volgt worden weergegeven:



Door plastic te recyclen in plaats van te verbranden, wordt de CO_2 uitstoot verminderd.

- 1p **4** Hoeveel koolstofdioxidemoleculen ontstaan per monomeereenheid van polystyreen bij de volledige verbranding van polystyreen? De formule van de monomeereenheid van polystyreen is C_8H_8 .
- 3p **5** Bereken hoeveel dm^3 koolstofdioxide ontstaat bij de volledige verbranding van 50 wegwerpbekertjes.
- Ga er bij de berekening van uit dat de bekertjes volledig uit polystyreen bestaan en maak gebruik van de volgende gegevens:
- een wegwerpbekertje weegt 2,8 gram;
 - de molaire massa van de monomeereenheid van polystyreen bedraagt $104,1 \text{ g mol}^{-1}$;
 - het volume van een mol CO_2 is $24,5 \text{ dm}^3$.

Aluminium vormen

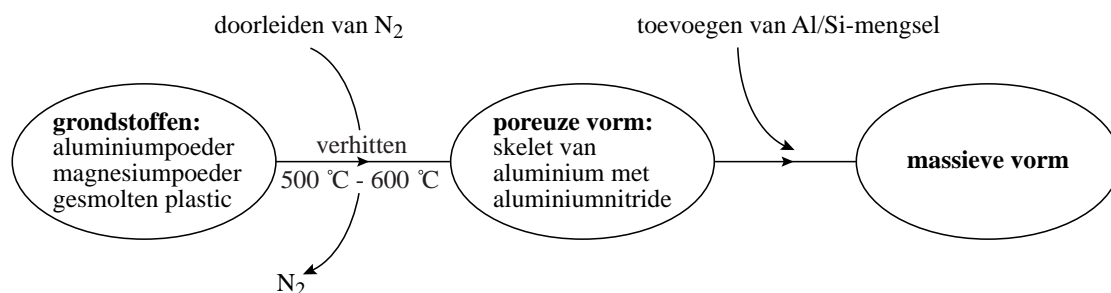
tekstfragment 1

Australiërs maken snel aluminium vormen uit poeder

- 1 Er bestaan talloze manieren om aluminium voorwerpen te maken, bijvoorbeeld
 2 door gesmolten aluminium in een mal te gieten, een vorm in een dunne plaat te
 3 drukken of een blok van het metaal te bewerken met een scherp voorwerp.
 4 Allemaal zijn ze bewerkelijk, tijdrovend en daardoor duur.
 5 Een meer recente methode maakt gebruik van fijn aluminiumpoeder dat,
 6 gemengd met gesmolten plastic, in een mal wordt gegoten. Het plastic wordt
 7 daarna weggebrand. Het is echter moeilijk om in dat geval de juiste vorm te
 8 handhaven: waar het plastic verdwijnt, ontstaat ruimte waardoor het aluminium
 9 enigszins 'inklinkt'.
- 10 Twee onderzoekers van de universiteit van Queensland in Australië hebben
 11 daar nu wat op gevonden. Terwijl ze bij een temperatuur van 500 tot 600 graden
 12 Celsius het plastic wegbranden, zorgen ze er tegelijkertijd voor dat de
 13 aluminiumpoederdeeltjes aan elkaar vast gaan zitten. Hierdoor ontstaat een
 14 stevig skelet en blijft de oorspronkelijke vorm behouden. Als 'lijm' dient een
 15 verbinding van aluminium en stikstof. Deze stof, aluminiumnitride (AlN), kan
 16 zich echter uitsluitend vormen in afwezigheid van zuurstof. Daarom voegden de
 17 Australiërs een beetje magnesium aan het aluminiumpoeder toe. Aluminium en
 18 magnesium reageren allebei met zuurstof, maar magnesium doet dit beter. Door
 19 de reactie met magnesium wordt de zuurstof weggevangen. Vervolgens reageert
 20 het aluminium met stikstof, dat continu wordt doorgeleid, en wordt de benodigde
 21 'lijm' gevormd.
- 22 Als zich op deze manier eenmaal een skelet heeft gevormd, moeten alleen nog
 23 de holtes tussen de oorspronkelijke aluminiumdeeltjes worden opgevuld. Dat
 24 gebeurt door een mengsel van aluminium met een beetje silicium te smelten en
 25 dit in de holtes te laten doordringen.

naar: NRC Handelsblad

Hieronder is het beschreven proces schematisch weergegeven:



- 2p 6 Is het gebruikte plastic een thermoharder of een thermoplast? Licht je antwoord toe met een gegeven uit het tekstfragment.

De zuurstof wordt weggevangen (regel 19) doordat het magnesium reageert met zuurstof tot magnesiumoxide.

2p **7** Geef de vergelijking van deze reactie.

2p **8** Leg uit waarom magnesium 'beter' met zuurstof reageert dan aluminium (regels 17 en 18). Verwijs daarbij naar een gegeven uit een tabel in Binas.

Het gebruikte mengsel van aluminium en silicium (regel 24) bevat 12% silicium. In deze specifieke verhouding gedraagt het mengsel zich als één stof met een eigen smeltpunt. Het smeltpunt van het gegeven Al/Si-mengsel is 853 K.

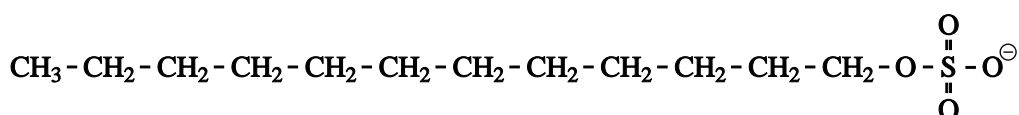
2p **9** Leg uit waarom de holtes niet met zuiver aluminium opgevuld kunnen worden, en wel met het Al/Si-mengsel. Noem hierbij een gegeven uit een tabel in Binas. Laat bij het beantwoorden van deze vraag de aanwezigheid van het aluminiumnitride buiten beschouwing.

Tandpasta

Tandpasta wordt gebruikt om het gebit te reinigen, te polijsten en te beschermen tegen beschadigingen. Tandpasta bevat behalve water onder andere schuimmiddelen, polijstmiddelen en middelen tegen tandbederf. De pH van de meeste tandpasta's ligt tussen 7,6 en 9,4.

- 3p 10 Bereken de $[\text{OH}^-]$ bij pH 9,4 (298 K).

Schuimmiddelen hebben als functie de tandpasta over de gehele mond te verdelen en het schoonmaakeffect te vergroten. Een veel gebruikt schuimmiddel is natriumlaurylsulfaat ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3\text{Na}$). De opgeloste laurylsulfaationen ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3^-$) zorgen ervoor dat vet van het gebit en uit de mond kan worden verwijderd. De structuurformule van dit ion staat hieronder weergegeven:



- 3p 11 Leg uit, aan de hand van de bouw van het laurylsulfaation, hoe opgelost natriumlaurylsulfaat ervoor zorgt dat vet uit de mond kan worden verwijderd.

Polijstmiddelen zorgen ervoor dat substanties die aan het oppervlak van het gebit geplakt zijn, verwijderd worden zonder het glazuur en het tandbeen te beschadigen. Polijstmiddelen bestaan uit poeders van slecht oplosbare stoffen zoals calciumcarbonaat en calciumfosfaat.

- 2p 12 Leg uit of calciumchloride geschikt is als polijstmiddel in tandpasta.

Koolhydraten, bijvoorbeeld zetmeel, uit voedsel worden in de mond door enzymen gehydrolyseerd. De reactieproducten komen terecht in de tandplaque, waar bacteriën deze omzetten tot melkzuur. Hierdoor wordt de pH in de mond lager, waardoor het tandweefsel wordt aangetast. Om het gebit hiertegen te beschermen, bevatten veel tandpasta's fluorverbindingen.

Tandweefsel is voornamelijk opgebouwd uit hydroxyapatiet, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$. De fluoride-ionen uit de fluorverbindingen, die zijn opgelost in tandpasta, vervangen bij het poetsen de hydroxide-ionen in het hydroxyapatiet. Hierdoor ontstaat fluorapatiet, dat beter bestand is tegen zuur.

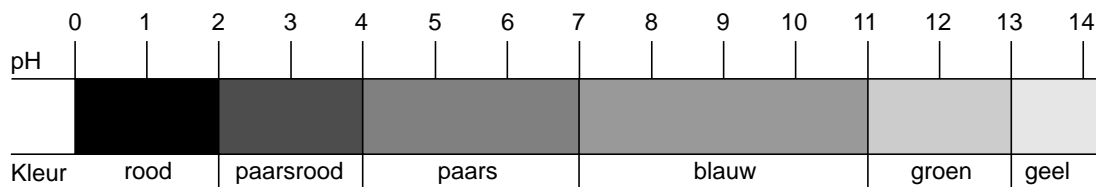
- 2p 13 Noem de twee hoofdbestanddelen waaruit voedsel, behalve koolhydraten, bestaat.

- 1p 14 Geef de naam van de stof die ontstaat bij de hydrolyse van zetmeel.

- 2p 15 Geef de vergelijking van de omzetting van hydroxyapatiet tot fluorapatiet.

Rodekoolsap

Rodekoolsap geeft aan een zure oplossing een andere kleur dan aan een basische oplossing en kan daardoor gebruikt worden als zuur-base-indicator. Van zuur naar basisch verandert de kleur geleidelijk. Hieronder wordt de kleurschaal voor rodekoolsap schematisch weergegeven.



naar: www.braukaiser.com

Tim maakt rodekoolsap. Hij neemt een paar bladeren van een rode kool en snijdt deze in kleine stukjes, doet deze stukjes in een bekeerglas en voegt water toe. Hij laat het mengsel tien minuten zachtjes koken. Nadat het mengsel is afgekoeld, schenkt Tim het door een zeef en vangt het sap op.

- 2p **16** Geef de namen van de twee scheidingsmethoden die Tim gebruikt bij de bereiding van het rodekoolsap.

Met het rodekoolsap voert Tim drie proeven uit.

Proef A: Tim doet 5 mL 0,2 M zoutzuur in een reageerbuis, voegt een paar druppels rodekoolsap toe en schudt.

Proef B: Tim doet 5 mL 0,2 M azijnzuur in een reageerbuis, voegt een paar druppels rodekoolsap toe en schudt. Hij vergelijkt de kleur die de oplossing krijgt met de kleur bij proef A.

Proef C: Tim neemt een reageerbuis en doet hier een spatelpuntje bariumhydroxide in. Hij voegt 5 mL water toe en schudt tot al het bariumhydroxide is opgelost. Tim voegt een paar druppels rodekoolsap toe, schudt en bekijkt de kleur. Vervolgens doet Tim deze oplossing in een groot bekeerglas en voegt water toe totdat de kleur van de oplossing verandert.

- 1p **17** Bereken de pH van het mengsel dat ontstaat bij proef A. Neem hierbij aan dat het toevoegen van rodekoolsap geen invloed heeft op de pH.
- 2p **18** Leg uit waardoor bij proef B een andere kleur ontstaat dan bij proef A.
- 2p **19** Geef de vergelijking voor het oplossen van bariumhydroxide.
- 2p **20** Leg uit welke kleurverandering Tim waargenomen kan hebben bij proef C. Geef je antwoord als volgt:
De kleur verandert van ... naar ..., omdat ...

Synthesegas

Onderstaande bewerking van een artikel gaat over de productie van synthesegas.

tekstfragment 1

1 In de chemische industrie wordt synthesegas gebruikt als grondstof voor
2 producten als methanol en vloeibare koolwaterstoffen zoals diesel. Synthesegas
3 is een mengsel van koolstofmono-oxide en waterstof.
4 Synthesegas werd vroeger gemaakt door methaan met stoom te laten reageren
5 bij hoge temperatuur en druk (methode 1). De reactie is behoorlijk endotherm
6 waardoor het proces erg duur is.
7 Men zocht naar goedkopere manieren om synthesegas te produceren.
8 Gedeeltelijke oxidatie van methaan met zuurstof onder invloed van een
9 geschikte katalysator is zo'n alternatief (methode 2). Een nadeel van dit proces
10 is dat zuivere zuurstof gebruikt moet worden.
11 Henny Bouwmeester van de Universiteit Twente heeft samen met collega's van
12 de University of Science and Technology of China een nieuwe methode
13 ontwikkeld. Hierbij wordt de zuurstof voor de vorming van synthesegas direct uit
14 de lucht gehaald (methode 3).

naar: NRC Handelsblad

3p **21** Geef de vergelijking van de reactie waarbij synthesegas wordt omgezet tot methanol.

2p **22** Verklaar waarom een endotherm proces duur is (regels 5 en 6).

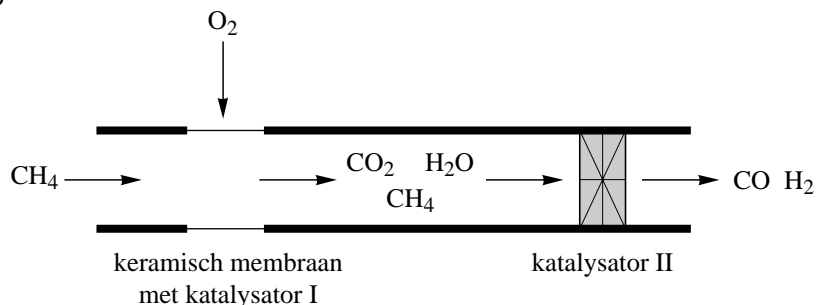
Bij de tweede methode wordt zuivere zuurstof verkregen door lucht zodanig te behandelen dat een mengsel overblijft van zuurstof, stikstof en argon. Dit gasmengsel koelt men vervolgens af totdat het vloeibaar is geworden. Door het mengsel daarna langzaam op te warmen, wordt zuivere vloeibare zuurstof verkregen.

2p **23** Geef de temperatuurgrenzen aan waarbinnen zuivere vloeibare zuurstof verkregen wordt, wanneer het vloeibaar gemaakte gasmengsel (met een temperatuur van 70 K) wordt opgewarmd. Maak voor de beantwoording gebruik van gegevens uit Binas en neem aan dat het proces plaatsvindt bij $p = p_0$.

Bouwmeester en zijn collega's hebben de resultaten van hun onderzoek (aangaande methode 3 uit tekstfragment 1) beschreven in een artikel. Een deel van dat artikel is op de volgende bladzijde samengevat en bewerkt weergegeven.

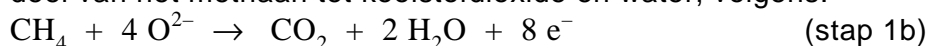
tekstfragment 2

Voor de vorming van synthesegas uit methaan, waarbij geen zuivere zuurstof nodig is, wordt gebruik gemaakt van een buisreactor die hieronder schematisch is weergegeven.



In het eerste deel van de buis bevindt zich een keramisch membraan. Aan de buitenkant van dit membraan worden de zuurstofmoleculen uit de lucht omgezet tot oxide-ionen: $O_2 + 4 e^- \rightarrow 2 O^{2-}$ (stap 1a)

De O^{2-} ionen verplaatsen zich door het membraan naar de binnenkant van het membraan. Daar reageren ze met behulp van de katalysator Co_3O_4 met een deel van het methaan tot koolstofdioxide en water, volgens:



In het tweede deel van de buis reageert een deel van het overgebleven methaan met het aanwezige CO_2 tot synthesegas. (stap 2)

De rest van het methaan reageert met het aanwezige water ook tot synthesegas. (stap 3)

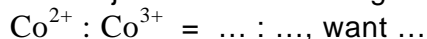
Om de stappen 2 en 3 voldoende snel te laten verlopen, wordt een katalysator gebruikt die bestaat uit 12,5 massa% Ni en voor de rest uit Al_2O_3 .

Tot nu toe is het proces alleen op laboratoriumschaal uitgetoetst: de buisreactor is slechts enkele centimeters lang. Voor schaalvergroting is verder onderzoek noodzakelijk.

naar: *Angewandte Chemie*

- 2p **24** Leid af in welke molverhouding Co^{2+} en Co^{3+} voorkomen in de katalysator Co_3O_4 . Geef een verklaring voor je antwoord.

Noteer je antwoord als volgt:



- 2p **25** Leid uit de vergelijkingen van beide halfreacties de vergelijking af van de totale reactie die plaatsvindt in het eerste deel van de buis.

In het tweede deel van de buis wordt ook een katalysator gebruikt.

- 4p **26** Bereken de verhouding tussen het aantal mol nikkelatomen en het aantal mol aluminiumionen in deze katalysator. Noteer je uitkomst als volgt:
aantal mol Ni : aantal mol Al^{3+} = 1,00 : ...
- 3p **27** Geef de vergelijking van de reactie van stap 2 en de vergelijking van de reactie van stap 3.
Noteer je antwoord als volgt:
reactievergelijking van stap 2: ...
reactievergelijking van stap 3: ...

In tekstfragment 1 (regel 7) wordt gesuggereerd dat methode 1 duurder is dan de nieuw ontwikkelde methode 3. Uit tekstfragment 2 kan worden opgemaakt dat dit niet het geval hoeft te zijn.

- 2p **28** Geef een mogelijke reden waarom methode 3 goedkoper kan zijn dan methode 1 en geef ook een mogelijke reden waarom dit niet het geval hoeft te zijn.

Blaasstenen

Smokey, de kat van Joep, is ziek. Hij gaat met het beestje naar de dierenarts, waar hij te horen krijgt dat Smokey last heeft van blaasstenen. Blaasstenen kunnen onder andere ontstaan wanneer bepaalde zouten neerslaan in de blaas, meestal doordat de concentratie van de betreffende ionen in de urine te hoog is. Soms is het mogelijk met een aangepast dieet deze blaasstenen weer te laten verdwijnen. Blaasstenen kunnen bestaan uit cystine, calciumoxalaat of struviet.

Cystine is geen zout, maar ontstaat uit het aminozuur cysteïne (Cys). De formule van Cys kan worden weergegeven als $\text{C}_3\text{H}_6\text{NO}_2\text{-SH}$.

Wanneer de concentratie Cys in de blaas te hoog wordt, reageren de moleculen Cys tot moleculen cystine. Blaasstenen die bestaan uit cystine zijn niet te behandelen met een dieet, maar moeten operatief worden verwijderd.

Hieronder staat de onvolledige vergelijking van de halfreactie voor de vorming van cystine uit Cys.



In de vergelijking van deze reactie zijn e^- en de coëfficiënten weggelaten.

- 2p **29** Neem de vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.
- 2p **30** Leg uit of cysteïne bij deze reactie oxidator of reductor is.
- 2p **31** Leg uit dat een dieet met weinig eiwitten kan helpen om een cystine bevattende blaassteen te voorkomen.

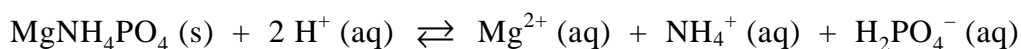
Calciumoxalaat-blaasstenen komen bij katten gelukkig weinig voor. Deze blaasstenen bestaan meestal uit calciumoxalaatmonohydraat, calciumoxalaatdihydraat of een mengsel van beide. Ze moeten ook operatief verwijderd worden.

- 4p **32** Geef de vergelijking van de vorming van calciumoxalaatdihydraat uit een oplossing van calciumionen en oxalaationen ($C_2O_4^{2-}$). Vermeld ook de toestandsaanduidingen.

Bij katten bestaan blaasstenen meestal uit struviet ($MgNH_4PO_4$). Struviet is een slecht oplosbaar zout dat bestaat uit magnesium-, ammonium- en fosfaationen. Een blaassteentje met een diameter van 1,0 mm (en een volume van $0,52 \text{ mm}^3$) kan bij een kater al problemen geven.

- 3p **33** Bereken het aantal mol struviet in een blaassteentje met een volume van $0,52 \text{ mm}^3$. De dichtheid van struviet is $1,7 \text{ g cm}^{-3}$.

Voor de kat van Joep viel het mee: het waren hele kleine steentjes (gruis) en ze bestonden uit struviet. Struvietsteentjes kunnen worden behandeld met een speciaal dieet dat de urine enigszins zuur maakt. Door de verlaagde pH stelt zich in de blaas een evenwicht in, dat kan worden weergegeven met onderstaande vergelijking:



- 2p **34** Leg uit welke ionsoort in struviet reageert als base.
- 2p **35** Leg uit dat, wanneer het dieet lang genoeg wordt gevolgd, de blaassteentjes kleiner worden en uiteindelijk verdwijnen.
- 2p **36** Leg met het botsende-deeltjes-model uit dat door het volgen van het dieet een bepaalde massa blaasgruis sneller verdwijnt dan dezelfde massa in grotere blaasstenen.