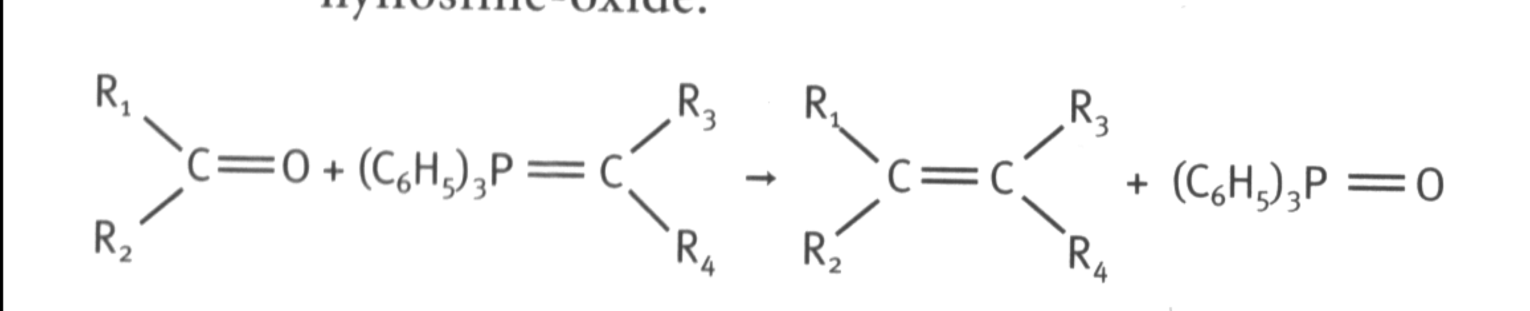
Oefenmateriaal 3

**Wittig-reactie**

De Nobelprijs voor chemie werd in 1979 onder andere toegekend aan de Duitse chemicus Georg Wittig. Deze heeft in het begin van de jaren vijftig uitgebreid onderzoek gedaan aan fosforverbindingen. Eén van de reacties die hij ontdekte draagt zijn naam. In de Wittig-reactie reageert een alkanal of alkanon met een fosforylide tot een alkeen en trifenylfosfine-oxide:



1 1p Is de Wittig-reactie een substitutie, of additiereactie? Leg uit!

2 3p Geef de vergelijking in structuurformules voor de vorming van 2-methylbut-1-een uit butanon door middel van de Wittig-reactie.

# Synthese van ethers

Men gebruikt oplossingen van natriumalkanolaten in een alkanol onder andere bij de zogenoemde Williamson-reactie. Een reactie waarbij een alkoxyalkaan ontstaat door een oplossing van een alkanolaat te laten reageren met een halogeenalkaan wordt een Williamson-reactie genoemd.

Een oplossing van natriummethanolaat in methanol bevat behalve CH3OH moleculen ook Na+ ionen en CH3O−. Bij de Williamson-reactie, die optreedt als men deze oplossing laat reageren met chloorethaan, reageren CH3O− ionen met CH3CH2Cl moleculen

Hierbij ontstaat methoxyethaan.

CH3O− + Cl ― CH2 ― CH3 → CH3 ― O ― CH2 ― CH3 + Cl−

Men kan methoxyethaan nog op een andere manier via een Williamson-reactie bereiden.

Men moet dan andere deeltjes dan CH3O− en CH3CH2Cl met elkaar laten reageren.

3 4p Geef de formules van die andere deeltjes.

Als men een oplossing van natriummethanolaat in methanol laat reageren met chloorethaan, treedt behalve de Williamson-reactie nog een andere reactie op.

Bij die andere reactie ontstaat etheen:

CH3O− + Cl ― CH2 ― CH3 → CH3OH + CH2 ═ CH2 + Cl−

Alkeenvorming kan optreden als men een oplossing van natriummethanolaat in methanol laat reageren met een chlooralkaan met minstens twee C atomen per molecuul

Men kan zich voorstellen dat de vorming van een alkeen uit CH3O─ en zo’n chlooralkaan verloopt volgens de volgende twee deelreacties.

Deelreactie 1 : een CH3O− ion onttrekt aan een molecuul van het chlooralkaan een H+ ion. Voor de levering van het H+ ion komen alleen H atomen in aanmerking die gebonden zijn aan een C atoom naast het C atoom waaraan het Cl atoom gebonden is.

Deelreactie 2 : van het ion dat in deelreactie 1 gevormd is, wordt een Cl− ion afgesplitst. Hierbij ontstaat een molecuul van een alkeen.

Er zijn monochlooralkanen, met minstens twee C atomen per molecuul, waarmee geen alkeenvorming optreedt als men die laat reageren met een oplossing van natriummethanolaat in methanol.

4 3p Geef de structuurformule van zo’n monochlooralkaan.

Ook als men een oplossing van natriummethanolaat in methanol laat regeren met

2-chloorpentaan,  , treedt zowel de Williamson-reactie als alkeenvorming op

Het is gebleken dat hierbij drie alkenen gevormd worden.

5 4p Geef de namen van die drie alkenen.

**Halogenen als oxidator**

Oplossingen van natriumthiosulfaat (Na2S2O3) kunnen reageren met een halogeen. Daarbij reageert S2O32− op een manier die afhangt van het gebruikte halogeen. Bij de reactie met jood (I2) wordt thiosulfaat omgezet in tetrathionaat:

2S2O32− → S4O62− + 2e−  (halfreactie 1)

Bij de reactie met chloor (Cl2) wordt thiosulfaat omgezet in sulfaat:

S2O32− + 5 H2O → 2SO42− + 10 H+ + 8 e− (halfreactie 2)

Bij een proef voegt met een overmaat chloor in oplossing toe aan een natriumthiosulfaat-oplossing. Er wordt een troebeling waargenomen. Men schrijft die troebeling toe aan het ontstaan van zwavel als gevolg van het optreden van de volgende reactie:

S2O32− (aq) + 2 H+(aq) → SO2(aq) + S(s) + H2O (l) (reactie 3)

Deze reactie treedt niet op als de proef wordt herhaald met jood in plaats van chloor.

6 2p Geef de oorzaak van het feit dat deze reactie niet optreedt bij samenvoegen van oplossingen van jood en natriumthiosulfaat.

.

**Waterstofproductie**

Waterstof (H2) wordt door sommigen gezien als de ideale energieleverende stof van de toekomst. Bij de verbranding van waterstof ontstaan geen milieuvervuilende stoffen.

7 2p Geef de reactievergelijking voor de verbranding van waterstof.

Een bekende manier om waterstof te maken, is de elektrolyse van aangezuurd water.

8 2p Geef de vergelijking van de halfreactie die bij de elektrolyse van aangezuurd water aan de positieve elektrode optreedt en de vergelijking van de halfreactie die aan de negatieve elektrode optreedt.

Noteer je antwoord als volgt:

positieve elektrode: …

negatieve elektrode: …

In verschillende onderzoeksgroepen is men op zoek naar andere methoden om waterstof te produceren. In het tekstfragment op de volgende bladzijde staat zo’n methode beschreven.

**Tekstfragment**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **DUURZAME ENERGIE – TNO haalt waterstof uit biomassa** |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12 | TNO heeft samen met zeven andere organisaties een methode ontwikkeld om  waterstof uit biomassa te produceren. Het proces bestaat uit twee reacties. In de  eerste reactor zetten warmteminnende micro-organismen koolhydraten om in  waterstof, koolstofdioxide en organische zuren. Zij doen hun werk in water van  70 °C en bij lage druk. De gevormde waterstof en koolstofdioxide kunnen  continu worden afgevoerd, zodat de activiteit van de micro-organismen niet  wordt geremd. In de tweede reactor gebruiken andere micro-organismen licht  om de zuren uit de eerste reactor om te zetten in H2 en CO2. Samen zorgen de  beide stappen ervoor dat alleen maar waterstof en koolstofdioxide overblijven  van de toegevoerde koolhydraten. Waterstof en koolstofdioxide kunnen  vervolgens op eenvoudige wijze van elkaar gescheiden worden. Planten kunnen  de CO2 weer gebruiken om te groeien. |
|  | *naar: De Ingenieur* |

In reactor 1 vinden verschillende reacties plaats. Eén daarvan is de reactie tussen glucose en water waarbij waterstof, koolstofdioxide en ethaanzuur ontstaan.

9 3p Geef de vergelijking van de reactie tussen glucose (C6H12O6) en water. Neem

daarbij aan dat per molecuul glucose twee moleculen ethaanzuur ontstaan

Hieronder, en op de uitwerkbijlage, staat de aanzet voor een blokschema waarmee de in het tekstfragment beschreven methode om zuivere waterstof uit koolhydraten te verkrijgen, vereenvoudigd kan worden weergegeven. Het schema bestaat uit drie blokken: twee reactoren en een scheidingsruimte. De stofstromen zijn met pijlen aangegeven



10 3p Vul het blokschema op de uitwerkbijlage aan. Geef elk blok de juiste naam (reactor 1, reactor 2 of scheidingsruimte). Vermeld ook bij elke pijl de betreffende stof(fen):

* koolstofdioxide;
* (opgeloste) koolhydraten;
* (opgeloste organische) zuren;
* waterstof.

Let op: sommige stofnamen moeten meer dan één keer worden gebruikt.

Om het mengsel van koolstofdioxide en waterstof te scheiden, zou men het door een basische oplossing kunnen leiden. Uit bovenstaand blokschema is af te leiden dat dit in dit proces kennelijk niet gebeurt.

11 1p Geef aan hoe dit uit het blokschema blijkt

Het totale productieproces dat in het tekstfragment is beschreven, kan worden weergegeven met de volgende reactievergelijking:

C6H12O6 + 6H2O → 6 CO2 + 12H2

12 3p Bereken het aantal kg glucose dat minimaal nodig is voor de productie van 3,0 kg waterstof.

**Uitwerkingen**

**Wittig-reactie**

1 substitutie reactie want de =O wordt vervangen door = C met R3 en R4



2

**Synthese van ethers**

3 C2H5O– en CH3Cl

4 Zo'n alkeen mag geen H atoom bezitten aan het C atoom dat naast het C atoom ligt dat Cl kan afsplitsen. Een voorbeeld is (H3C)3 C ─CH2Cl

5 1 penteen, cis-2-penteen en trans-2-penteen

1-penteen ontstaat als 2-chloorpentaan HCl verliest afkomstig van C(1) en C(2)

De twee isomeren van 2-penteen ontstaan als HCl afkomstig is van C(2) en C(3).

**Halogenen als oxidator**

6 Voor de reactie is H+ nodig deze wordt wel geleverd door halfreactie 2 maar niet in halfreactie 1 Dus zal de volgreactie niet op kunnen treden.

**Waterstofproductie**

7 2H2 + O2 → 2H2O

8 positieve elektrode: 2H2O → O2 + 4H+ + 4e−

negatieve elektrode: 2H+ + 2e− → H2

9 ethaanzuur is CH3COOH dus C2H4O2

gegeven is C6H12O6 + H2O → H2 + CO2 + 2C2 H4O2

kloppen maken geeft

C6H12O6 + 2H2O → 4H2 + 2CO2 + 2C2 H4O2

10



11 Er is geen ingaande stroom van voor de basische oplossing

12 3,0 kg H2 ≙ = 1,488 kmol H2

H2 : C6H12O6 = 12 : 1

Dus = 0,124 kmol C6H12O6

M(C6H12O6) = 180,2 (tabel 98)

0,124 kmol ≙ 0,124 · 180,2 = 22 kg