

Profielwerkstuk De Emulsiopolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

De nieuwe landelijke schoolopzet, de Tweede Fase, omvat op Havo en VWO het maken van een profielwerkstuk. Dit werkstuk is een zogenaamd "handelingsdeel" en moet met een voldoende zijn beoordeeld om mee te mogen doen aan het examen.

Het profielwerkstuk moet zoals de naam al zegt aansluiten bij je profiel. In totaal moet je er ongeveer tachtig klokuren aan besteed hebben.

Wij hebben gekozen voor een experimenteel onderzoek als profielwerkstuk. In een werkweek aan de Technische Universiteit in Eindhoven hebben wij samen met drie andere VWO-leerlingen gewerkt aan het onderwerp "De Emulsiopolymerisatie van Styreen". We hebben zelf een onderzoek opgezet en onder begeleiding van een student proeven verricht met de apparatuur van de universiteit. De uitkomsten van onze proeven en de verwerking ervan hebben we gebruikt als basis voor ons profielwerkstuk.

Uiteindelijk is er een meetrapport uitgerold wat op in dit verslag te lezen is. We hebben ervoor gekozen om onze resultaten op ook internet te zetten (<http://emulsiopolymerisatie.cjb.net/>), omdat ons verslag zo gemakkelijk te bekijken is voor medeleerlingen, leraren en andere belangstellenden. Ook kan het misschien een hulpmiddel zijn voor mensen die nu op dit moment zelf bezig zijn met hun profielwerkstuk. Naast het verslag hebben we ook foto's van de werkweek en relevante links toegevoegd. (<http://emulsiopolymerisatie.cjb.net/>)



Profielwerkstuk De Emulsiopolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

Inleiding

"De emulsiopolymerisatie van styreen"; een hele mond vol! Toch is dit een onderwerp waar iedereen in zijn dagelijks leven indirect wel eens mee te maken heeft. Via polymerisatie van styreen wordt namelijk polystyreen gemaakt; een polymeer die gebruikt wordt voor verpakkingen, speelgoed, constructiematerialen, banden en coatings.

Styreen is een monomeer met de formule C₈H₈. Styreen heeft dus maar een kleine koolstof keten. Via polymerisatie wordt polystyreen verkregen, dat is een polymeer. Een polymeer bestaat uit lange ketens van koolstof atomen met allerlei vertakkingen. Een molecuul polymeer is dus opgebouwd uit een hele boel moleculen monomeer.

Doelstelling

Bij het in deze werkweek uitgevoerde emulsiopolymerisatie experiment gaan we kijken naar de invloed van de concentratie van de variabelen op de conversie, reactiesnelheid en deeltjesgrootte van de ontstane polymeer. De variabelen zijn de concentratie monomeer (styreen), initiator (natriumpersulfaat) en emulgator oftewel zeep (natriumdodecylsulfaat). Ook is er een blanco uitgevoerd met standaardconcentraties ter vergelijking.

Theorie

In dit onderzoek is voor het opbouwen van polymeer de emulsiopolymerisatie gebruikt. Bij een emulsiopolymerisatie wordt een organische verbinding met een dubbele reactieve koolstofbinding, het monomeer, gemengd met water. Het monomeer is een apolaire stof en dus slecht oplosbaar in water; het vormt kleine druppels. Om deze monomeerdruppels te stabiliseren wordt er aan de oplossing emulgator toegevoegd, natriumdodecylsulfaat. Dit is een synthetische zeep. Een zeepmolecuul is opgebouwd uit een polaire kop en een apolaire staart. De apolaire staarten van de zeepmoleculen keren zich naar elkaar toe zodat de polaire koppen naar het water gekeerd zijn. Zo ontstaan micellen in de oplossing. Omdat het binnenste van deze micellen apolair is kan een klein gedeelte van het monomeer in de micellen gaan zitten. De rest van het monomeer vormt grote druppels in de waterfase.

De polymerisatie reactie wordt gestart met behulp van een initiator, waaruit de vrije radicalen gevormd worden. Radicalen zijn erg reactieve deeltjes met ongepaarde elektronen. Aan een radicaal zullen steeds nieuwe monomeereenheden zich aanleggen, totdat de terminatie van het radicaal plaatsvindt. De polymerisatiereactie bestaat dus uit drie delen:

Start- of initiatiereactie: $I_2 \rightarrow 2I^*$

$I^* + M \rightarrow IM^*$

Polymerisatiereactie: $IM + IM^* \rightarrow IMM^* \text{ etc.}$

Terminatiereactie: $\sim M^* + ^*M \sim \rightarrow \sim MM \sim$

I: Initiator (natriumpersulfaat)

M: Monomeer (styreen)

~: Polymeerketen (polystyreen)

*: radicaal

Profielwerkstuk De Emulsiepolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

De reactie wordt dus gestart met de initiator natriumpersulfaat. Deze initiator valt bij hoge temperatuur uiteen in twee fragmenten met radicalen. Als zo'n initiator met een monomeer deeltje botst dan zal die het begin van een polymeerketen vormen.

Het monomeer bevindt zich in de micellen en in de monomeerdruppels. De monomeerdruppels zijn veel groter dan de micellen, maar omdat er veel meer micellen in de oplossing zitten vindt de polymerisatie vrijwel alleen in de micellen plaats. Zodra een radicaal in een micel komt, en de polymerisatiereactie activeert, heet die micel een polymeerdeeltje. In die micel ontstaan dan microscopisch kleine polymeerbolletjes. Als het monomeer in de micel op is, wordt er nieuw monomeer aangevoerd vanuit de monomeerdruppels. Als al het monomeer op is en is omgezet in polymeer is de polymerisatiereactie afgelopen. Er blijft een latex over; een witachtige vloeistof die bestaat uit polymeerbolletjes die in het water zweven.

De emulsiepolymerisatie reactie verloopt via een reactiemechanisme dat te beschrijven is in drie stadia:

Stadium A Deeltjesvorming

Door ontleding van de initiator, die langzaam verloopt, ontstaan gedurende de hele reactie radicalen die met micellen botsen en deze binnentreden, waarna de micellen activeren en een reactief polymeerdeeltje worden. Door opnemen van monomeer uit monomeerdruppels en door de voortschrijdende polymerisatiereactie zullen de polymeerdeeltjes groeien. Naarmate ze groeien absorberen de polymeerdeeltjes steeds meer emulgatormoleculen waardoor het aantal micellen in de waterfase afneemt. Als er twee tot vijftien procent monomeer is omgezet in polymeer, de zogeheten conversie, dan zijn alle micellen geactiveerd. Het aantal polymeerdeeltjes zal dan constant blijven in de volgende twee stadia.

Stadium B Constante polymerisatie snelheid

In de polymeerdeeltjes zal een radicaal reageren met monomeer, totdat er een ander radicaal binnendringt waardoor er terminatie optreedt. In de tijd tussen initiatie en terminatie is er een polymeerketen ontstaan. Als er weer een radicaal binnendringt vindt dit proces weer op dezelfde manier plaats. Daardoor zal het gemiddelde aantal radicalen per polymeerdeeltje constant blijven. Ook de verhouding polymeer/monomeer is in deze fase constant mits de temperatuur constant is.

Stadium C Afnemende polymerisatiesnelheid

In dit laatste stadium neemt de reactiesnelheid af omdat het monomeer langzamerhand op raakt; de verhouding polymeer/monomeer is niet meer constant. De reactie is helemaal afgelopen als al het monomeer is op gereageerd en is dus omgezet in polymeer (D).

Hypotheses

Van tevoren zijn er hypothesen opgesteld over de invloed van de variabelen. Om deze hypothesen te verduidelijken, volgt hier nog even een kort overzicht van de gebruikte termen:

Micellen: deze worden gevormd door emulgatormoleculen. In het apolaire "veldje" van een micel gaat het apolaire monomeer zitten.

Polymeerdeeltje: dit is een "geactiveerde" micel; er is een radicaal in de micel binnengedrongen waardoor de polymerisatie is gestart. Een polymeerdeeltje wordt dan ook wel een reactiekern genoemd.

Polymeerketen: dit is het resultaat van de aaneenkoppeling van monomeer tot polymeer die plaatsvindt tussen de initiatie (door een radicaal) en de terminatie (door een tweede radicaal) van de polymerisatiereactie. Deze reactie vindt dus plaats in het polymeerdeeltje.

Profielwerkstuk De Emulsiepolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

In Proef 2 wordt de concentratie emulgator verlaagd ten opzichte van de blanco. Er zijn dan minder emulgatormoleculen en daarom minder micellen dan bij de blanco. Minder micellen betekent minder (geactiveerde) polymeerdeeltjes waardoor de reactie trager zal verlopen. Omdat er minder polymeerdeeltjes zijn bij een gelijk gebleven monomeerconcentratie bevat elk polymeerdeeltje meer monomeer dan bij de blanco. De polymeerdeeltjes zijn dan groter. De polymeerketens die tijdens de polymerisatiereactie gevormd zijn in de polymeerdeeltjes zullen juist korter zijn omdat de radicalen zich over minder polymeerdeeltjes moeten verspreiden. Er zal dan sneller terminatie optreden van de polymerisatiereactie, waardoor de polymeerketens dus korter zijn dan bij de blanco.

Met Proef 3 wordt de invloed van een hoge monomeerconcentratie onderzocht. Als er meer monomeer is zijn er meer monomeerdruppels ten gevolge van het thermodynamisch evenwicht. Als er meer monomeerdruppels zijn, zijn er minder emulgator moleculen over voor de vorming van micellen. Er zijn dus minder (geactiveerde) polymeerdeeltjes en daarom is de snelheid van de polymerisatie lager. Minder polymeerdeeltjes en meer monomeer betekent dat elk polymeerdeeltje meer monomeer zal bevatten. De polymeerdeeltjes zijn dus groter, maar de polymeerketens kleiner, omdat er meer radicalen per polymeerdeeltje aanwezig zijn, net zoals bij proef 2.

In Proef 4 is de initiator concentratie verhoogd. Er zullen dan meer radicalen ontstaan waardoor meer micellen geactiveerde polymeerdeeltjes worden. De omzetting van monomeer in polymeer verloopt dan sneller. Als er meer polymeerdeeltjes zijn, moet het monomeer zich over meer polymeerdeeltjes verdelen, en worden de polymeerdeeltjes dus kleiner. Ook moeten de radicalen zich over meer polymeerdeeltjes verspreiden, er zal dan minder radicaal per polymeerdeeltje zijn en daarom wordt de polymerisatiereactie minder snel getermineerd. De ontstane polymeerketens zijn dan groter.

Experiment

De randvoorwaarden voor de concentraties en reactieomstandigheden van het experiment waren als volgt:

Het massapercentage monomeer moet lager dan 40% zijn, anders is er grote kans op samenklontering (coagulatie). Wel moet het massapercentage hoger blijven dan 15%.

Het massapercentage initiator moet tussen de 0,5% en de 2% liggen, anders is er een te lage of te hoge reactiesnelheid.

De bufferconcentratie dient een massapercentage van 0,07% te zijn.

De temperatuur moet tussen de 40 °C en de 60 °C blijven.

De zeep/monomeer massaverhouding mag niet hoger zijn dan 1 : 10.

Aan de hand van deze randvoorwaarden hebben we het volgende meetplan opgesteld. Met dit meetplan gaan we dus de invloed van de concentraties van de verschillende stoffen op de reactiesnelheid en de deeltjesgrootte van het ontstane polymeer onderzoeken:

Meetplan: massapercentages gebruikte stoffen

Proefnummer	Monomeer	Initiator	Zeep	Buffer	Water
1	18%	0,5%	1,8%	0,07%	79,63%
2	18 %	0,5 %	0,9 %	0,07 %	80,53 %
3	30 %	0,5 %	3,0 %	0,07 %	66,43 %
4	18 %	1,0 %	1,8 %	0,07 %	79,13 %

Profielwerkstuk De Emulsiepolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

Aan de hand van deze percentages hebben we de volgende hoeveelheden afgewogen:

Tabel afgewogen hoeveelheden Proef 1 BLANCO
(totale gewicht 2001, 23 gram)

Monomeer	361,23 g
Initiator	10 g
Zeep	36 g
Buffer	1,4 g
Water	1592,6 g
Temperatuur	50 °C

Tabel afgewogen hoeveelheden Proef 2 LAGE ZEEPCONCENTRATIE
(totale gewicht 800 gram)

Monomeer	143,88 g
Initiator	4 g
Zeep	7,2186 g
Buffer	0,56 g
Water	644,3414 g
Temperatuur	50 °C

Tabel afgewogen hoeveelheden Proef 3 HOGE MONOMEERCONCENTRATIE
(totale gewicht 1600 gram)

Monomeer	480 g
Initiator	8 g
Zeep	48 g
Buffer	112 g
Water	1062,88 g
Temperatuur	50 °C

Profielwerkstuk De Emulsiepolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

Tabel afgewogen hoeveelheden Proef 4 HOGE INITIATORCONCENTRATIE

(totale gewicht 800 gram)

Monomeer	144,866 g
Initiator	8 g
Zeep	14,4 g
Buffer	0,56 g
Water	632,174 g
Temperatuur	50 °C

Handleiding

Eerst werden de buffer, de zeep en de initiator afgewogen en opgelost in een bekende hoeveelheid water. Ook het monomeer en de rest van het water werden afgewogen. Alles werd in de reactor gegoten behalve de initiatoroplossing. De roerder werd op 400 RpM ingesteld en daarna werd de reactor doorborreld met stikstof en vervolgens verwarmd tot 50 oC. Tijdens het wachten op de juiste temperatuur werden de bakjes om de monsters in te doen genummerd en voorzien van een mespuntje hydroquinon (de inhibitor om de reactie te stoppen) en daarna gewogen ter bepaling van het leeggewicht. Het gewicht werd genoteerd in het labjournaal. Toen de reactor op temperatuur was, werd begonnen met het nemen van monsters. Het eerste monster werd genomen voordat de initiator werd toegevoegd. Daarna werd het eerste half uur om de 3 minuten een monster genomen, daarna om de 5 minuten. Ook werden een paar monsters bij elke proef genomen om later de deeltjesgrootte van te bepalen. Met een stopwatch werd de tijd bijgehouden. De monsters werden genomen in monsterflesjes. De inhoud van een flesje werd in een bakje met bijbehorend nummer gedaan en daarna direct afgewogen vanwege verdampingsverliezen. Ook dit gewicht werd genoteerd; dit is het zogenaamde nat gewicht. Na het wegen werd aceton erbij gespoten om ervoor te zorgen dat de polymeren gaan coaguleren; dat wil zeggen dat ze gaan samenklonteren omdat de aantrekkende kracht tussen de deeltjes groter is geworden dan de afstotende kracht.

Nadat de aceton erbij is gedaan werden de bakjes in een dampbad gezet. Aan het eind van de dag werden de bakjes in de oven geplaatst op 80 oC. Na 22 uur werden ze er weer uitgehaald en opnieuw gewogen om het drooggewicht te bepalen. Met al deze gegevens werden de conversie en de polymerisatiesnelheid berekend.

Met behulp van een "lightscatterer" (laser) werd de deeltjesgrootte van de verschillende monsters polystyreen bepaald. De monsters werden daarvoor in het lab in een cuvet gedaan en daarna in de light scatterer gezet. Met behulp van een laser werd de deeltjesgrootte bepaald en verscheen er een grafiek van op de computer. De uitkomsten werden vergeleken met de theoretische waarde van de deeltjesgrootte.

Profielwerkstuk De Emulsiopolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

Resultaten

De conversie, de omzettingsgraad van monomeer in polymeer, wordt berekend met de volgende formule:

Conversie : Massa polymeer op tijdstip t / Maximale massa polymeer

De maximale massa polymeer is hetzelfde als de massa monomeer op tijdstip 0 volgens de wet van massabehoud. Deze massa monomeer is te bepalen uit met monster nummer 0 dat aan het begin van de reactie is genomen nog voor de initiator is toegevoegd. Je trekt het drooggewicht van het nat gewicht af en vermenigvuldigt dat met het percentage monomeer waarmee je hebt gewerkt.

De massa polymeer op tijdstip t is te bepalen door het massapercentage zouten af te trekken van het totale massapercentage vast stof. Het percentage wat uit deze aftrekking uitkomt, moet vermenigvuldigd worden met de totale massa van het reactiemengsel.

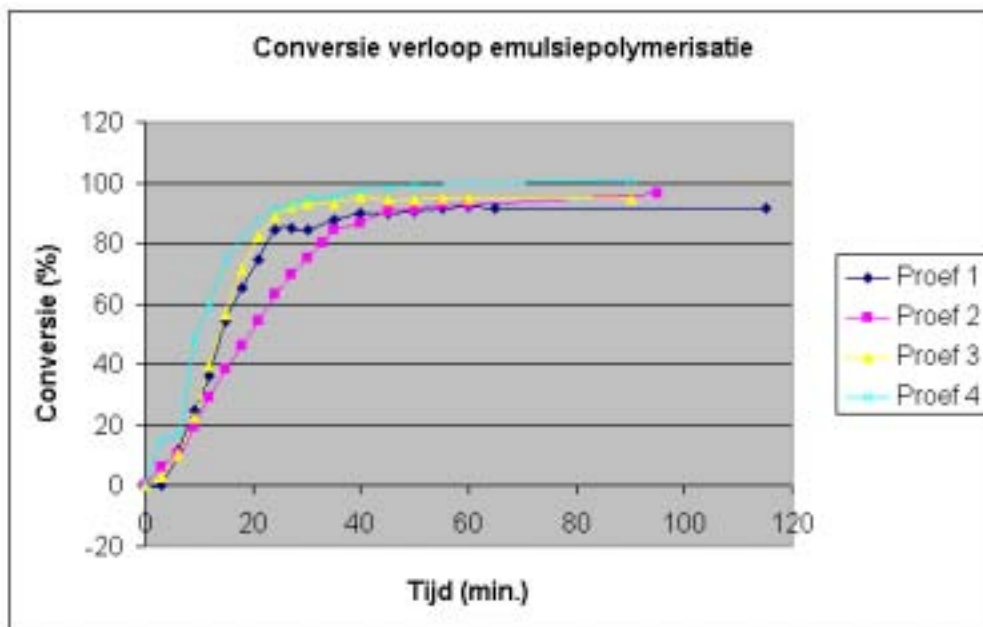
Het totale massapercentage vaste stof is te berekenen met de formule:

(drooggewicht-leeggewicht) / (nat gewicht-leeggewicht).

Het zoutgehalte is uit de receptuur te berekenen; het is het gehalte van de zeep, initiator en buffer samen.

Deze grafiek komt uit onze metingen.

Proef 1 is de blanco, 2 de lage zeepconcentratie, 3 de hoge monomeerconcentratie en 4 de hoge initiatorconcentratie.



De reactiesnelheid of polymerisatiesnelheid is het aantal mol styreen dat per seconde omgezet wordt. Het is dus de helling van de grafiek waarbij de hoeveelheid polymeer dat gevormd is uitgezet tegen de tijd. De hoeveelheid gevormd polymeer is te berekenen met de conversie.

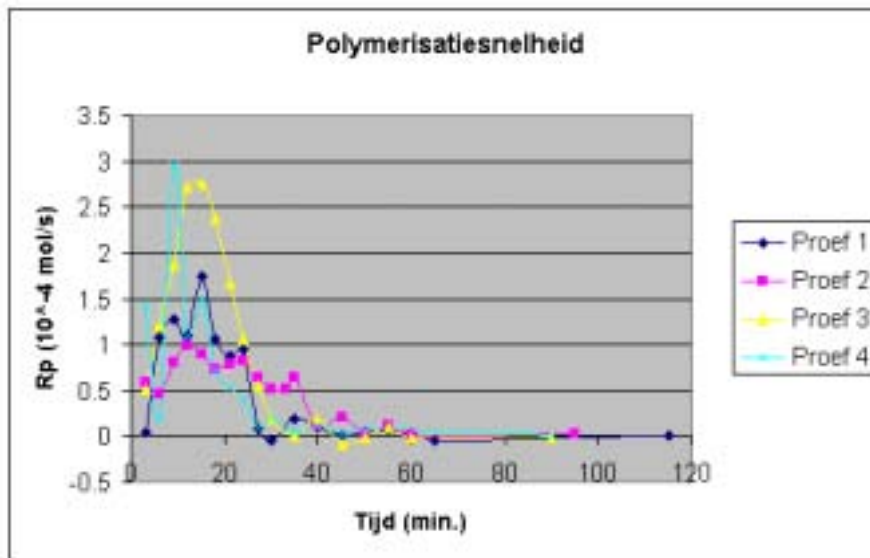
Profielwerkstuk De Emulsiopolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

Reactiesnelheid is dus: $d(\text{polymeer}) / d(t)$

De grafiek die daar uit is gekomen is de volgende:



De van de tte bepaling

resultaten deeltjesgrootte is als volgt:

Proef 1:

Na afloop is de deeltjesgrootte 65,2 nm

Proef 2:

Na 10 minuten is de deeltjesgrootte 68,9 nm

Na 30 minuten is de deeltjesgrootte 73,2 nm

Na afloop is de deeltjesgrootte 73,6 nm

Proef 3:

Na 10 minuten is de deeltjes grootte 89,7 nm

Na 30 minuten is de deeltjesgrootte 65,8 nm

Na afloop is de deeltjesgrootte 68,9 nm

Proef 4:

Na afloop is de deeltjesgrootte 58,0 nm

Profielwerkstuk De Emulsiepolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

Conclusies

Note: In de conclusies wordt een proef steeds vergeleken met proef 1, de blanco.

Proef 2 Lage zeeconcentratie

Onze verwachting was dat de reactie trager zou verlopen en de polymeerdeeltjes groter zouden zijn door de lage zeeconcentratie. Onze voorspelling dat de polymerisatiesnelheid lager zou zijn dan die van de blanco is uitgekomen.

Ook de hypothese over de deeltjesgrootte blijkt juist te zijn; bij de blanco was de uiteindelijke deeltjesgrootte 65,2 nm en bij proef 2 was dit 73,6 nm.

Proef 3 Hoge monomeerconcentratie

De reeds eerder genoemde hypothese voor proef 3 klopt niet met de uitkomst van de uitgevoerde proef. We hebben meer zeep toegevoegd om de emulsie stabiel te houden waardoor de resultaten beïnvloed zijn. De reactiesnelheid is juist groter en de deeltjesgrootte ook; deze was 68,9 nm en die van de blanco was 65,2 nm.

Proef 4 Hoge initiatorconcentratie

We hadden verwacht dat de polymerisatiereactie sneller zou verlopen bij een hogere initiator concentratie; ook zou de conversie groter zijn. De deeltjesgrootte zou dan kleiner moeten zijn. Deze hypothesen blijken beide juist. De snelheid en conversie zijn veel groter dan bij de blanco en de deeltjes grootte is 58,0 nm hoewel die bij de blanco 65,2 nm is.

Profielwerkstuk De Emulsiopolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

Logboek Werkweek TU/e

Maandag 13 augustus, dag 1

Zo, de vakantie zit er weer op voor dit jaar! De komende week zal het hard werken worden aan ons profielwerkstuk, alvast een voorproefje op school...

Om kwart over acht 's morgens zijn we op weg naar de TU/e, faculteit scheikundige technologie. Gelukkig hoeven we niet lang te zoeken naar het gebouw, waardoor we wel erg vroeg aankomen. Toevallig gaan we meteen aan tafel zitten bij onze begeleider Matthijs de Geus en we wachten samen op onze andere groepsleden. De andere VWO-ers komen binnen druppelen en ons groepje is bijna compleet. We zullen deze week samen moeten werken met Mario en Reza uit Breda en met Wout uit Veldhoven. Het zesde lid van ons groepje komt niet opdagen, wat betekent dat we minder experimenten kunnen uitvoeren, jammer. Toch beginnen we samen, na een korte introductie en een praatje over veiligheid, enthousiast aan ons project.

We hebben thuis vragen moeten voorbereiden en die bespreken we met Matthijs. Ook legt Matthijs de theorie nog een keer goed uit en uiteindelijk snapt iedereen wel wat de emulsiopolymerisatie van styreen nou precies inhoudt; we gaan het polymeer polystyreen maken via een emulsiopolymerisatie.

Na al deze uitleg is het tijd voor de lunch! Voor deze eerste werkweekdag heeft de TU een uitgebreide lunch georganiseerd; gezellig en nog lekker ook!

Na de lunch mogen we voor het eerst "ons" laboratorium betreden. Iedereen meet zich een labjas, veiligheidsbril en handschoenen aan, allemaal verplicht in het universiteitslab. Matthijs laat ons de Batchreactoren zien waarmee we gaan werken en legt uit hoe alles moet.

Dan komt de belangrijkste taak van deze dag: we moeten het eigenlijke experiment gaan bedenken. In de handleiding die we gekregen hebben staat vermeld binnen welke grenzen van concentraties we moeten blijven. We besluiten om een blanco proef uit te voeren met standaard concentraties en dan nog vier andere proeven waarbij we telkens de concentratie van een variabele veranderen. Deze variabelen zijn de monomeer-, initiator-, en zeepconcentratie en de temperatuur. We kiezen de concentraties zo dat bij een vergelijkend experiment de concentratie van de te onderzoeken variabele ongeveer twee keer zo groot is als bij de blanco. Ook verdelen we de proeven; op dinsdag zullen er twee uitgevoerd worden en op woensdag drie.

We vullen het "safety rapport" in: een formulier waarop staat welke stoffen je gebruikt, hoeveel je er ongeveer van zult gaan gebruiken, wat de gevaren van die stoffen zijn, welke speciale aandachtspunten er zijn en een schematische voorstelling van het experiment.

Nu we klaar zijn met het opzetten van het onderzoek moeten we alvast dingen klaarzetten en afwegen voor morgen zodat we snel aan de slag kunnen. We wegen de zeep en de buffer alvast af en zetten de monsterbakjes met de inhibitor klaar nadat we die ook gewogen hebben om het leeggewicht te bepalen. Dat was het weer voor vandaag, morgen klaar voor het echte werk! Wij en Wout gaan naar huis terwijl Mario en Reza ergens op het TU terrein logeren, net als vele anderen die ver weg wonen. Wij zijn eigenlijk wel blij dat we om vijf uur weer naar huis toe mogen zodat we ons alvast mentaal kunnen voorbereiden op morgen...

Dinsdag 14 augustus, dag 2

Vandaag is dan de grote dag: we gaan onze eerste polymerisaties uitvoeren. Wij zullen de proef doen met alles "standaard". IJverig beginnen we aan onze taak. We wegen de styreen af (in een zuurkast met dikke handschoenen) en lossen de initiator op. Hier hebben we nog even problemen mee: hoeveel initiator moeten we oplossen in welke hoeveelheid water om later de juiste massa initiator in de injectiespuit te krijgen? Na enige discussie over en weer met onze begeleider lukt ook dat.

De buffer, zeep en styreen doen we alvast in de reactor. Dan wordt de reactor geroerd en doorborreld met argon om de lucht te verwijderen. Een van ons merkt op dat we het water hebben vergeten toe te voegen. Even schrikken we, maar bij nader inzien kan het eigenlijk geen kwaad en we wegen het water af om het alsnog toe te voegen. We roeren en borrelen weer opnieuw. Daarna stellen we de temperatuur in: deze moet voor ons experiment op 50 graden komen. Hierdoor hebben we de tijd om even te pauzeren, wat volgens Matthijs het voornaamste onderdeel van scheikunde is. Na de pauze nemen we dan ons eerste monster. Spannend, maar alles

Profielwerkstuk De Emulsiopolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

lijkt goed te gaan. Nu wordt de initiator toegevoegd en begint de polymerisatie. Karliën neemt elke drie minuten een monster en Dinie schrijft de tijd op waarna ze met het monster naar de weegschaal loopt en achtereenvolgens het monster in een kuipje doet, weegt, aceton toevoegt en in het dambad plaatst. Soms wisselen we wel van taak maar Karliën blijkt een kei in monsters nemen te zijn. Na ongeveer een uur besluiten we te gaan lunchen. Deze dag gewoon zelfgesmeerde geplette boterhammen... We vertoeven een uurtje in de zon. We zijn zo klaar denken we, alleen nog even schoonmaken. Dat "even" blijkt alleen redelijk tegen te vallen: het blijkt namelijk een heel werk te zijn. De reactor wordt nagespoeld met water en toluen en later losgemaakt en afgeveegd met papier met toluen. Dit gebeurt allemaal met dikke handschoenen aan en we werken continu in de zuurkast. Matthijs is nog zo aardig ons even op de gevaren van de stoffen die we gebruiken te wijzen. We schrikken er toch wel een beetje van als hij vertelt dat toluen onder andere kankerverwekkend is. Het is dus opletten geblazen!

We wegen weer alvast de buffer en emulgator af voor de proeven die we morgen zullen gaan uitvoeren. Iets voor vier zijn we al klaar en we gaan met ons groepje lekker naar de stad waar we ons op een terrasje installeren. We kunnen nog niet naar huis want voor 's avonds staat het volleyballen op het programma. De anderen gaan eten in de "Blokhut", waar de mensen die niet thuis slapen logeren. Wij twee kiezen er echter voor even in de stad rond te hangen en McDonalds food te nuttigen. Om 8 uur begint het volleyballen. We weten zelfs door te dringen tot de halve finale! Die verliezen we jammer genoeg met een puntje verschil. Het is al best laat en daarom gaan we snel naar huis (relaxed met de auto) en naar bed.

Woensdag 15 augustus Dag 3

Vandaag beginnen we niet met onderzoeken, maar gaan we op excursie naar de faculteiten Biomedische Technologie en Werktuigbouwkunde. We mogen mee naar verschillende labs, waar bijvoorbeeld brommerhelmen getest worden, cellen opgekweekt worden en voorwerpen gemeten worden met speciale meetapparatuur. Na deze rondleiding krijgen we nog een promotiepraatje voor de TU/e, vaste prik bij elke werkweek waarschijnlijk, want de TU wil natuurlijk wel dat je over een jaartje weer terugkomt. Dat zit er waarschijnlijk echter niet in voor ons.

Maar nu terug naar ons experiment. Na de lunch buiten in het zonnetje kunnen we eindelijk beginnen met de reacties. Gelukkig hebben we gisteren de buffer en emulgator al afgewogen. Vandaag alleen nog het gevaarlijke en stinkende styreen en de initiator afgewogen en dan kunnen we beginnen! Maar bij ons gaat iets mis... We hebben schijnbaar gisteren de reactor niet vast genoeg dichtgedraaid waardoor de hele zut er aan alle kanten doorheen sijpelt. Gelukkig is Matthijs niet al te geschokt want er moest volgens hem wel iets mis gaan. Er is jammer genoeg geen tijd om alles overnieuw af te wegen, dus onze proef om de invloed van de temperatuur te onderzoeken gaat niet door. Dinie gaat nu werken met Wout en Karliën gaat alvast met Matthijs de theorie over het berekenen van de conversie en de reactiesnelheid bespreken. Ondertussen komen onze twee favoriete leraren nog kijken hoe het met hun hardwerkende leerlingen gaat.

Na een koffiepauze rond drie uur zijn alle reacties klaar en moeten de reactoren schoongemaakt worden. In het laatste half uurtje bespreken we alvast hoe we het meetrapport gaan aanpakken en hoe we onze poster willen inrichten. Om vijf uur mogen we weer naar huis, nog even van de zon en de hitte genieten.

Donderdag 16 augustus dag 4

Om negen uur is iedereen weer present. Reza en Mario moeten hun reactor nog beter schoonmaken, waar Matthijs hen bij helpt. Wij beginnen aan het meetrapport en Wout zet onze meetresultaten in Excel. Daarna gaat Dinie samen met Reza alvast over de poster nadenken en helpt Mario Karliën met het meetrapport. Het meetrapport schiet aardig op. De poster wat minder, er passeren heel veel verschillende ideeën de revue maar ze zijn niet allemaal makkelijk uitvoerbaar. Ook is het moeilijk om met kleine stukjes tekst, foto's en tabellen duidelijk de theorie, uitvoering, resultaten en conclusie van je experiment weer te geven en tegelijkertijd de poster origineel en grappig te laten ogen. Het is ook moeilijk om goed samen te werken met mensen die je eigenlijk niet zo goed kent. We werken dan op sommige momenten ook een beetje langs elkaar heen. We maken foto's met de digitale camera voor op de poster. We houden natuurlijk weer even pauze en daarna gaan we weer verder met de poster en het meetrapport, want het moet morgen om twee uur al klaar zijn en daarom is er niet veel tijd om te luiëren.

Profielwerkstuk De Emulsiepolymerisatie van Styreen

Karliën Koene en Dinie Louwers met hulp van de TU/e

© havovwo.nl (jan 2002)

Na de middagpauze staat de deeltjesgrootte bepaling op het programma. Dit gebeurt door middel van "light scattering". We nemen hiervoor onze monsters mee naar een apparaat dat met behulp van laserstralen en verstrooiing daarvan de deeltjesgrootte bepaalt. Dit blijkt best wel lang te duren: ten eerste moet de concentratie van het polymeer in water rond een bepaalde waarde liggen en ten tweede neemt het schoonmaken ook veel tijd in beslag. Daarom gaan Karliën, Reza en Mario alvast naar "ons" lab om het drooggewicht te bepalen van de proeven van gisteren. Wout, Dinie en Matthijs vermaken zich met de deeltjesgrootte bepaling. Ze nemen even pauze en dan zegt Matthijs het wel alleen af te kunnen. Wout en Dinie gaan verder met de poster.

Op het einde van de dag bespreken we nog even met de hele groep hoe we onze poster precies willen inrichten. Dan gaan keren we tevreden huiswaarts: we hebben een dagje hard werken erop zitten! Morgen is de laatste dag en dan is de posterpresentatie. Hopelijk krijgen we het allemaal af en een prijsje winnen zou ook mooi zijn natuurlijk.

Vrijdag 17 augustus dag 5

Gelukkig mogen we vandaag iets later beginnen. Karliën en Mario gaan weer aan de slag met het meetrapport en Wout en Reza printen de foto's uit. Dinie komt wat later en treft Matthijs aan in de pantry met een kop koffie. Het is voor hem gisteravond duidelijk laat geworden. Hij heeft met de groep mensen die bleven overnachten een "gezellige avond" gehad...

Dinie en Matthijs overleggen over de poster en maken alvast een schets. Er zal vandaag hard gewerkt moeten worden: om twee uur is er een posterpresentatie in de pantry. Hierbij zal ook een jury aanwezig zijn, want met de poster zijn prijzen te winnen. Hij moet uit verschillende delen bestaan: theorie, uitvoering, waarnemingen en conclusie. Dit hoort allemaal kort en bondig weergegeven te worden en voorzien te worden van plaatjes, zodat het voor de kijker/lezer aantrekkelijk is. We besluiten de uitvoering weer te geven in een schijf van vijf; een draaischijf waarop in vijf stappen het experiment wordt beschreven. Deze stappen illustreren we met bijbehorende plaatjes achter deurtjes.

Het is nog even stressen en op en neer rennen tussen computerlokaal en lab, maar ruim voor twee uur leggen we de laatste hand aan onze poster. We zijn zelf erg tevreden over het resultaat. Als we de poster ophangen is er meteen een groep belangstellenden. Het principe van de draaischijf moet op sommige momenten wel even door ons gedemonstreerd worden. Iedereen lijkt heel enthousiast te zijn. Er worden door de jury, studenten, andere leerlingen en overige belangstellenden vragen gesteld over de inhoud van ons onderzoek, waaronder een student die denkt dat er van de theorie niet veel klopt. Daarom halen we Matthijs er maar bij. Er ontstaat een vurige discussie tussen hen, een lerares en nog enkele studenten. Gelukkig krijgen wij uiteindelijk gelijk. We bekijken onder het genot van wat drinken en een koekje de andere posters. Er zijn enkele interessante en originele ontwerpen bij, waaronder die van het groepje van Jeroen en Ralph.

Rond half vier gaan we naar de collegezaal. In de tijd dat de jury overlegt krijgen wij een filmpje te zien over de studie techniek en maatschappij. Het is zwaar interessant... We schrikken weer wakker als de jury binnenkomt met twee taarten: een voor de origineelste poster en een voor de poster met de beste inhoud. Tot onze spijt hebben we niet eens een eervolle vermelding, in tegenstelling tot Ralph en Jeroen die zelfs twee eervolle vermeldingen ontvangen. Nu volgt de officiële afsluiting van de volgens ons geslaagde week met een praatje van coördinator Conrad Suos.

Het is echter nog niet helemaal afgelopen: er rest nog een borrel met visbuffet in de Fort (facultaire ontmoetingsruimte scheikundige technologie). Niemand van ons groepje lust vis behalve Karliën. Na het nuttigen van enkele gratis alcoholische versnaperingen is dan het moment aangebroken: we nemen emotioneel afscheid van onze groepsleden en begeleider (houdoe en bedankt!). Moe maar voldaan keren wij huiswaarts na deze toch wel leuke ervaring...