

**Marangoni Convection,
Mass Transfer and
Microgravity**

Drukwerk: Ponsen & Looijen

The financial support received from NWO / Space Research Organisation Netherlands (SRON) for the project described in this thesis is gratefully acknowledged.



Rijksuniversiteit Groningen

Marangoni Convection, Mass Transfer and Microgravity

Proefschrift

ter verkrijging van het doctoraat in de
Wiskunde en Natuurwetenschappen
aan de Rijksuniversiteit Groningen
op gezag van de
Rector Magnificus, dr. D.F.J. Bosscher,
in het openbaar te verdedigen op
vrijdag 6 november 1998
om 14.45 uur

door

Tjaart Molenkamp

geboren op 27 augustus 1968
te Groningen

Promotor: Prof. dr. ir. L.P.B.M. Janssen
Referent: Dr. ir. H.C.J. Hoefsloot

ISBN 90-367-0982-2

Dankwoord

Deze bladzijden zullen waarschijnlijk behoren tot de best gelezen pagina's van dit proefschrift. En terecht, want vele mensen hebben aan de totstandkoming van dit proefschrift meegewerkt. Het is onmogelijk om iedereen hier persoonlijk te bedanken, en daarom wil ik hier beginnen mijn dank te betuigen en mijn verontschuldigen aan te bieden aan die mensen, die aan dit proefschrift een bijdrage hebben geleverd, maar hier niet met name worden genoemd.

Natuurlijk wil ik mijn promotor prof. dr. ir. Leon Janssen hartelijk bedanken voor de mogelijkheid, die hij mij geboden heeft dit promotiewerk in zijn groep uit te voeren. Mijn referent Huub Hoefsloot dank ik voor de aangename, constructieve discussies en de goede begeleiding, die hij samen met Leon aan mijn onderzoek heeft gegeven, en natuurlijk voor het dragen van mijn koffers tijdens de Maser-5 expeditie!

De leden van de leescommissie, de professoren A.A.H. Drinkenburg (TUE), J.A. Wesselingh (RuG), en A.E.P. Veldman (RuG) worden bedankt voor de snelle beoordeling van het manuscript en de waardevolle suggesties.

The work described in this thesis could not have been done without the opportunities provided to us by the European Space Agency (ESA). Many thanks I owe to dr. Wolfgang Herfs of ESTEC/ESA and to Prof. dr. G. Froberg (ESA scientist) for keeping our sounding rocket experiments on the right track. Furthermore, I want to thank Saab Ericsson Space (especially Mr. Hans Grunditz and Mr. Goran Månsson) for building the hardware necessary for the experiments described in chapter 2. Hans och Goran, tack så väldigt mycket, also for the pleasant and sometimes exciting periods in Linköping, Bretigny, and Kiruna. Also, the Swedish Space Corporation (especially Mr. K. Anflo) and the people at Esrange, Kiruna, have contributed in an important way to the realisation of this thesis. Dr. Dominic Doyle is gratefully acknowledged for his help with the interferometry software provided by ESTEC, and of course the superb squash matches. The help of Dr. T. Roesgen with the digitisation of the video images (the pictures in chapter 2) is very much appreciated. Dr. Vladimir Pletser was a great support during the parabolic flight campaign, and I appreciate the opportunity to conduct the parabolic flight experiments he and ESA offered us.

Voor het werk beschreven in hoofdstuk 3 en 4 zou ik Prof. dr. ir. Arthur Veldman en dr. Auke van der Ploeg van het Mathematisch Instituut van de RuG hartelijk willen danken, zowel voor het beschikbaar stellen van een numerieke routine voor het oplossen van grote stelsels gelineariseerde vergelijkingen, als voor de nuttige discussies. Aan dit numerieke werk heeft ook dr. ir. Henk Dijkstra van de Universiteit van Utrecht met zijn enthousiaste aanwijzingen een belangrijke bijdrage geleverd, waarvoor hartelijk dank.

Voor wat betreft hoofdstuk 5 wil ik graag ing. Tjaard Pijning bedanken voor het mij inwijden in de praktische geheimen van de eiwitkristallisatie. Fokker Space and Systems en CCM (met name ing. Martin Jaspers) worden hartelijk bedankt voor het bouwen van de kristallisatie hardware en de hulp bij het uitvoeren van de experimenten. Prof. dr. Jan Drenth en zijn niet aflatend enthousiasme voor zijn vak waren een grote steun bij het tot stand komen van

het onderzoek beschreven in hoofdstuk 5. Prof. dr. B.W. Dijkstra wilde ik dank betuigen voor het beschikbaar stellen van een deel van het materiaal dat voor het doen van het onderzoek benodigd was.

Ir. Daan de Hoop en het NIVR dank ik voor het financieel mede mogelijk maken van de eiwitkristallisatie experimenten. Ik wil dr. Marc Heppener en de Stichting Ruimte Onderzoek Nederland (SRON) hartelijk bedanken voor de algehele financiële ondersteuning middels subsidie MG-006 en excuses aanbieden voor het ietwat vertraagd beschikbaar komen van de door hun gefinancierde onderzoeksresultaten!

Op het lab in Groningen heb ik bij de realisering van alle experimentele opstellingen en analyses de nodige en zeer gewaarde hulp gehad van Laurens Bosgra, Marcel de Vries, Jan Bolhuis, Karel van der West, Rob Cornelissen, Jan Henk Marsman en Alex Roggen.

De enthousiaste bijdragen van de afstudeerstudenten waarmee ik gedurende mijn promotie tijd in Groningen heb samengewerkt waren natuurlijk onmisbaar, gezien van vele gezichtspunten. Tjakko Zijlema, Elke Schepers, en Jan van der Tuin hebben allen zeer gewaardeerde bijdragen geleverd. Ook het werk van de “klein werkbezoek” studenten Diana Harms, Jacques Kiewiet, Marieke van der Meulen en wederom Tjakko Zijlema wil ik hier niet vergeten. Peter Knol was onmisbaar met zijn ondersteuning bij alle laboratorium opstellingen.

Remko Bakker, Atze Jan van der Goot en Martin Land dank ik voor het kritisch doorlezen van delen van het manuscript. Mijn paranimfen Martin en Atze Jan worden alvast bedankt voor de ondersteuning bij de bevalling van de jonge (?) doctor op 6 november.

Vrienden, vriendinnen, huisgenoten en collega's, zowel op de RuG als bij DSM, bedankt voor alle belangstelling en andere zaken!

Mijn ouders, Reint en Sanny, stonden en staan altijd klaar en voor die vanzelfsprekendheid ben ik natuurlijk veel verschuldigd. Infine non posso assolutamente dimenticare Grazia: per l'amicizia e l'appoggio fornitomi, per aver letto criticamente alcune parti della tesi e per il suo indispensabile contributo al lavoro descritto nei capitoli 3 e 4. Parafrasando un vecchio detto: vedi una Napoletana e poi muori (maar niet te vlug!).

