SURFACTANT DIFFUSIVITY MEASUREMENTS BY TRANSIENT CAPILLARY RISE

Mr. Nuttaphol Thirasarutanunt

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
and Case Western Reserve University
2002

ISBN 974-03-1584-4

Thesis Title	:	Surfactant Diffusivity Measurements by Transient Capillary Rise
By	:	Mr. Nuttaphol Thirasarutanunt
Program	:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors	:	Dr. Kitipat Siemanond
		Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit
		Prof. Edgar A. O'Rear, III

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

K. Bunyakiat. College Director

(Assoc. Prof. Kunchana Bunyakiat)

Thesis Committee:

Pramoch R.

(Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

Kitipat Siemanond

(Dr. Kitipat Siemanond)

Edgar A. O'Rear

(Prof. Edgar A. O'Rear, III)

Chintana Saiwan

(Assoc. Prof. Chintana Saiwan)

B. Kitiyanan

(Dr. Boonyarach Kitiyanan)

ABSTRACT

4371012063: PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM
Nuttaphol Thirasarutanunt: Surfactant Diffusivity Measurement by Transient Capillary Rise.
Thesis Advisors: Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit, Dr. Kitipat Siemanond, and Prof. Edgar A. O'Rear, III, 42 pp. ISBN 974-03-1584-4
Keywords: Sodium Dodecyl Sulfate/ Diffusivity/ Transient Capillary Rise

A new method, transient capillary rise, is proposed to determine surfactant diffusivity. Compared to previously available techniques such as Taylor dispersion, the new technique is inexpensive, and the diffusivity can be obtained from a simple measurement. The concept of the proposed method is based on the fact that the height of liquid solution in a capillary tube rises as surfactant concentration decreases. The mathematical model was developed using the theory of capillary force, Gibbs plot (surface tension versus concentration) and mass transport of the surfactant in the tube. If the theory holds, it should be possible to determine surfactant diffusivity by fitting a mathematical model to the change of liquid height as a function of time. In the present work, the validity of the method was tested by comparing the diffusivity of sodium dodecyl sulfate with literature values. The results showed that the diffusivity values obtained from this work are higher than values obtained by the Taylor dispersion method.

บทคัดย่อ

ณัฏฐพล ถิระศรุตานันท์: การวัดสัมประสิทธิ์การแพร่ของสารลดแรงตึงผิวโดยวิธีการเคลื่อนที่ขึ้นในคะปิลลารี (Surfactant Diffusivity Measurements by Transient Capillary Rise) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ปราโมช รังสรรค์วิจิตร, ดร. กิติพัฒน์ สีมานนท์, และ ศ. เอ็ดการ์ เอ โอเรีย ที่ 3, 42 หน้า ISBN 974-03-1584-4

การวัดการเคลื่อนที่ขึ้นในคะปิลลารีเป็นวิธีใหม่ที่ถูกเสนอขึ้นมา เพื่อใช้วัดสัมประสิทธิ์การแพร่ของสารลดแรงตึงผิว หากเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือวัดการกระจายของสารแบบเทย์เลอร์ วิธีการใหม่นี้จะมีการวัดที่ง่ายและมีค่าใช้จ่ายถูก หลักการของวิธีนี้คือวัดระดับของสารละลายในคะปิลลารี ซึ่งสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวลดลง การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากทฤษฎีของแรงคะปิลลารี กิ๊บส์พล็อต (กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวกับความเข้มข้น) และการถ่ายโอนมวลสารของสารลดแรงตึงผิวในหลอดคะปิลลารี เพื่อหาสัมประสิทธิ์การแพร่ของสารลดแรงตึงผิว ถ้าแบบจำลองเป็นไปตามทฤษฎี การหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของสารลดแรงตึงผิวจะเป็นไปได้โดยการเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ากับการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของของเหลวในคะปิลลารีที่ขึ้นกับเวลา ในงานนี้ทดสอบความถูกต้องของวิธีโดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต กับค่าที่ได้จากวิธีอื่น ผลการทดลองปรากฏว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ที่ได้จากวิธีนี้สูงกว่าค่าที่ได้จากวิธีการวัดการกระจายของเทย์เลอร์

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis could not have successfully been impossible and complete without the invaluable helps of the following individuals and organizations.

First of all I would like to express my sincere gratitude to Assistant Professor Pramoch Rangsunvigit, Dr. Kitipat Siemanond, and Professor Edgar A. O'Rear' III, my advisors, for their invaluable guidance, understanding, and constant encouragement throughout the course of this research. Their positive attitude significantly contributed to inspiring and maintaining my enthusiasm in the field.

I would like to express my special thanks to Associate Professor Sumaeth Chavadej and ABD fund for supporting the instrument.

My gratitude is absolutely extended to all of the US Professors and all staffs of the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, for all necessarily contributed knowledge and their kind assistance and cooperation. I am always very proud to be their student.

Furthermore, I would like to take this important opportunity to thank all of my graduate friends for their unforgettable friendship and hospitality.

Finally, my deepest appreciation and whole-hearted gratitude are everlastingly dedicated to my beloved family whose endless love, support, and understanding play the greatest role in my success.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
	Title Page	i
	Acceptance Page	ii
	Abstract (in English)	iii
	Abstract (in Thai)	iv
	Acknowledgements	v
	Table of Contents	vi
	List of Tables	x
	List of Figures	xiii
CHAPTER		
I	**INTRODUCTION**	1
II	**LITERATURE SURVEY**	2
	2.1 Capillarity Theory	2
	2.2 Molecular Mass Transfer Theory	3
	2.3 Taylor Dispersion Method	4
	2.4 Surfactant Diffusivity	6
III	**EXPERIMENTAL**	11
	3.1 Materials	11
	3.2 Equipment	11
	3.3 Experimental Conditions	12
	3.4 Methodology	12
	3.3.1 Glassware Cleaning	12
	3.3.2 Surface Tension Measurements	12
	3.3.3 Model Development	13
	3.3.4 Transient Capillary Rise Measurements	13

CHAPTER		PAGE
IV	**RESULTS AND DISCUSSION**	15
	4.1 Surface Tension Measurements	15
	4.1.1 Surface Tension of Deionized Distilled Water	15
	4.1.2 Surface Tension of SDS	15
	4.2 Model Development	16
	4.3 Transient Capillary Rise Measurements	20
V	**CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS**	26
	5.1 Conclusions	26
	5.2 Recommendations	26
	REFERENCES	27
	APPENDICES	29
	Appendix A Experimental Data of Transient Capillary Rise	29
	Appendix B Gibbs plot	36
	Appendix C Calculation Method for SDS Diffusivity	38
	CURRICULUM VITAE	41

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
4.1	Surface tension of deionized distilled water at 25 °C	15
4.2	Diffusivity of SDS solutions	25
A.1	Transient capillary rise of SDS at concentration 1 mM	29
A.2	Transient capillary rise of SDS at concentration 2 mM	30
A.3	Transient capillary rise of SDS at concentration 3 mM	31
A.4	Transient capillary rise of SDS at concentration 4 mM	32
A.5	Transient capillary rise of SDS at concentration 5 mM	33
A.6	Transient capillary rise of SDS at concentration 12 mM	34
A.7	Transient capillary rise of SDS at concentration 16 mM	35
B.1	Result of surface tension calculation	37
C.1	Result of calculation for SDS concentration 3mM	40

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	The schematic diagram of the capillary method	2
2.2	SDS diffusion coefficients by Taylor dispersion method at 25 °C	7
2.3	Sodium alkanoates diffusion coefficients Taylor dispersion method at 25 °C	8
2.4	LiDS diffusion coefficients by Taylor dispersion method at 25 °C	9
3.1	The chemical structure of SDS	11
3.2	The schematic diagram of the experimental set-up for the transient capillary method	14
4.1	Comparison of the Gibbs plot from the capillary tube method, Du-Nauy ring tensiometer and literature (Tsujii,1998) at 25 °C	16
4.2	The schematic diagram of the transient capillary rise system.	17
4.3	The transient capillary rise of SDS at concentration 1 mM	21
4.4	The transient capillary rise of SDS at concentration 2 mM	21
4.5	The transient capillary rise of SDS at concentration 3 mM	22
4.6	The transient capillary rise of SDS at concentration 4 mM	22
4.7	The transient capillary rise of SDS at concentration 5 mM	23
4.8	The transient capillary rise of SDS at concentration 12 mM	23
4.9	The transient capillary rise of SDS at concentration 16 mM	24
B.1	Diagram of Gibbs plot determination	36
B.2	Gibbs plot (Surface tension versus concentration)	37
C.1	Diagram of diffusivity determination	38
C.2	Liquid height varied with time from experimental and model	41