การทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีออบิตอลโฟลว์

นายศุภิชัย ตั้งใจตรง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-796-3

009890

i 17501246

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE ORBITAL FLOW THEORY

Mr. Supichai Tangjaitrong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

Thesis Title	Experimental Verification of the Orbital Flow Theory
By	Mr. Supichai Tangjaitrong
Department	Physics
Thesis Advisor	Mr. Jesada Jiraporn
Co-advisor	Assistant Professor Pisistha Ratanavararaksa, Ph.D.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

S. Bunnag ..... Dean of Graduate School

(Associate Professor Supradit Bunnag, Ph.D.)

Thesis Committee

Wijit Senghaphan ..... Chairman

(Assistant Professor Wijit Senghaphan, Ph.D.)

Gullaya Wattayakorn ..... Member

(Assistant Professor Gullaya Wattayakorn, Ph.D.)

Pisistha Ratanavararaksa ..... Member

(Assistant Professor Pisistha Ratanavararaksa, Ph.D.)

Jesada Jiraporn ..... Member

(Mr. Jesada Jiraporn)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีออบิตอลโฟลว์
ชื่อนิสิต	นายศุภิชัย ตั้งใจตรง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ เจษฎา จิราภรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิศิษฐ์ รัตนวรารักษ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2527

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีออบิตอลโฟลว์ ซึ่งเป็นทฤษฎีใหม่ที่อธิบายปรากฏการณ์กระแสน้ำในทะเลในส่วนที่อยู่ใกล้ผิวน้ำ การทดสอบทำโดยทำให้เกิดคลื่นขึ้นในถังน้ำสี่เหลี่ยมในห้องทดลอง ถังนี้หมุนไปรอบตัวเองด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ การวัดความเร็วของกระแสน้ำที่เกิดขึ้นใช้การสังเกตการเคลื่อนไหวของทุ่นลอย ผลการทดลองแสดงว่าข้อสมมุติเบื้องต้นของทฤษฎีที่กล่าวว่ากระแสน้ำบริเวณใกล้ผิวน้ำ เป็นกระแสน้ำที่เกี่ยวเนื่องกับคลื่นเป็นข้อสมมุติเบื้องต้นที่ถูกต้อง แต่ผลการทดลองก็แสดงว่าทฤษฎียังไม่ถูกต้องทั้งหมด ควรมีการแก้ไขในส่วนที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสน้ำที่เกิดขึ้น กับแรงโคริโอลิสและโคริโอลิสโมเมนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Experimental Verification of the Orbital Flow Theory

Name Mr. Supichai Tangjaitrong

Thesis Advisor Mr. Jesada Jiraporn

Co-advisor Assistant Professor Pisistha Ratanavararaksa, Ph.D.

Department Physics

Academic Year 1984

ABSTRACT

The orbital flow theory for explaining oceanic surface current is verified expermentally by generating waves in a rotating wave tank. The resulting curent is observed by tracing the movement of the specially designed drifters. The experimental results confirm the correctness of the basic assumption of the theory that oceanic surface current is related to surface waves. The experimental results, however, indicated that the theory should be revised on the part of relationship between Coriolis moment/force and the resulting current.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his appreciation to Mr. Jesada Jiraporn for his advice and guidance given throughout the course of this research. He would like to thank Assistant Professor Dr. Pisistha Ratanavararaksa for reading the manuscript and giving numerous suggestions for amendments and improvements.

He would like to acknowledge the kind support of the University Development Commission, Office of University Affairs, for providing the scholarship.

He would like to acknowledge the Computer Laboratory, Physics Department, for providing many facilities.

Finally, he would like to thank Mr. Sakol Pongputikun for providing a video camera to be used in the experiments.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS

	page
ABSTRACT	iv
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
LIST OF TABLES	ix
LIST OF FIGURES	xi
LIST OF NOTATIONS	xii
CHAPTER I INTRODUCTION	1
CHAPTER II EKMAN THEORY ON WIND DRIFT	3
CHAPTER III ORBITAL FLOW THEORY	7
3.1 Mass Transport Current Induced by Wind Waves	7
3.2 Coriolis-Moment-Flow Current and Coriolis-Shear-Flow Current	9
3.3 Assumptions and Total Currents	13
CHAPTER IV EXPERIMENTS AND RESULTS	15
4.1 Experimental Set Up	15
4.2 Experimentation	16
4.3 Experimental Results	17
CHAPTER V DISCUSSION AND CONCLUSION	18
5.1 Wave-Induced Mass Transport Velocity	18
5.2 Velocity Related to Coriolis Effect	19
5.3 Conclusions	20

page

REFERENCES 50

APPENDIX A EXAMPLE OF DATA ANALYSIS 53

APPENDIX B LIST OF COMPUTER PROGRAMS 60

BIOGRAPHY 67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

page

Table 1 Experimental Tank Angular Frequencies and Coriolis Parameters 22

Table 2 Experimental Wave Parameters 23

Table 3 Experimental Mean Velocities

3.1) Experiment 1 24

3.2) Experiment 2 25

3.3) Experiment 3 25

3.4) Experiment 4 26

3.5) Experiment 5 26

3.6) Experiment 6 27

3.7) Experiment 7 27

3.8) Experiment 8 28

3.9) Experiment 9 28

Table 4 Comparison of Experimental and Theoretical Relative Velocities

4.1) Experiment 1 29

4.2) Experiment 2 30

4.3) Experiment 3 30

4.4) Experiment 4 31

4.5) Experiment 5 31

page

4.6) Experiment 6 32

4.7) Experiment 7 32

4.8) Experiment 8 33

4.9) Experiment 9 33

Table A Velocity Data From Experiment 6 55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

		page
Figure 1	Ekman Spiral in an Infinitely Deep Ocean	34
Figure 2	Ekman Spiral in Ocean of Finite Depths	35
Figure 3	Definition of the Coriolis Moment	35
Figure 4	Velocity Distribution According to the Orbitalb Flow Theory	36
Figure 5	Experimental Configuration Drawing	37
Figure 6	Experimental Configuration	38
Figure 7	Rotating Machine	39
Figure 8	Wave generator	39
Figure 9	Drifter	40
Figure 10	A Picture of the Undulating Water Surface	40
Figure 11	Plotted Velocity Distribution	
	11.1) for Experiment 1	41
	11.2) for Experiment 2	42
	11.3) for Experiment 3	43
	11.4) for Experiment 4	44
	11.5) for Experiment 5	45
	11.6) for Experiment 6	46
	11.7) for Experiment 7	47
	11.8) for Experiment 8	48
	11.9) for Experiment 9	49
Figure A	Arbitrary xy-axis Drawn on T.V. Screen	59

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF NOTATIONS

A_e	apparent frictional coefficient (Ekman theory)
A_o	apparent frictional coefficient (Orbital flow theory)
D	Ekman frictional depth
H	wave height
K	eddy viscosity
L	wave length
T	wave period
V_o	surface velocity (Ekman theory)
V_{so}	surface velocity of the mass transport current
a	wave amplitude
d	bottom depth
f	Coriolis parameter = $2\Omega \sin\varphi$
k	wave number = $2\pi / L$
q	orbital velocity
r	radius of the orbital motion
t	time
u	velocity in x-component
u_m	velocity in x-component of Coriolis-moment-flow
u_s	velocity in x-component of Coriolis-shear-flow
v	velocity in y-component
w	wind velocity
x,y	horizontal coordinates
z	vertical coordinate

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

α velocity ratio $= \dfrac{\text{additional mass transport velocity}}{\text{wave-induced mass transport velocity}}$

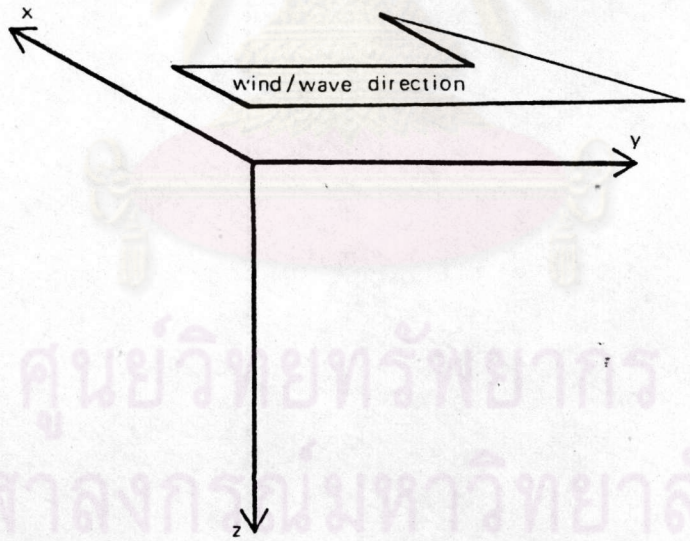
σ wave angular frequency

τ wind stress

φ geographical lattitude

Ω rotational angular frequency

The coordinate system used in this work is as shown below. The origin is at mean water surface.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย