หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. Reissinger, K. H. and Schroter, Journal of Chemical Engineering 85 (11), (1978): 109.

2. Cohen, R. M. and Rayer G. A. Chemical Engineering Progress 49 (6), (1953) : 279.

3. Philip A. Schweitzer, Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers. Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1979.

4. Laddha, G. S., Degaleesan, T. E. Transport Phenomena in Liguid Extraction. Tata Mc Graw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 1976.

5. Miyauchi, T. "Longitudinal Dispersion in Solvent Extraction Columns: Mathematical Theory" UCRL - 3911, 1957.

6. Miyauchi, T. and Vermeulen, T. "Longitudinal Dispersion in Two-Phase Continuous-Flow Operation" Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals 2 (1963) : 113.

7. Sleicher, C. A. Journal of American Institute of Chemical Engineers 5 (1959) : 145.

8. Arthayukti,W.and Chinchusak, N. "The Diffusion Model as a Tool for Liquid Extraction Column" Report on Industrial and Chemical Engineering Symposium, Chulalongkorn University, November 1, 1979.

9. Vedaiyan, S. et al. Journal of American Institute of Chemical Engineers 18 (1972) : 161.

10. Geankoplis, C. J. and Hixon, A. N. Industrial and Engineering Chemistry 42 (1950) : 1141.

11. Geankoplis, C. J. Wells, P. J. and Hawk, E. L. Industrial Engineering Chemistry 43 (1951) : 1848.

12. Newman, M. L. Industrial and Engineering Chemistry 42 (1950) : 1921.

13. Kreager, R. M. and Geankoplis, C. J. Industrial and Engineering Chemistry 45 (1953) : 2156.

14. Cavers, S. D. and Ewachyna, T. E. The Canadian Journal of Chemical Engineering 35 (1957) : 113.

15. Khemangkorn, V. "Contribution A L' Etude Des Transferts Dans Une Colunne D'Extraction A Ecoulements Pulses." Le Grade De Docteur De 3 eme Cycle, Universite Paul Sebatier, Toulouse, 22 December 1976.

16. Mecklenburgh, J. C. and Hartland, S. Industrial and Chemical Engineering Symposium Series n°26, Instn. Engnrs., London 115 (1976)

17. Levenspiel, O. Reaction Engineering. John Wiley, New York, 1962.

18. Gier, T. E. and Hougen, J. O. Industrial and Engineering Chemistry 45 (1953): 1362.

19. Henton, J. E. and Cavers, S. D. Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals 9 (1970) : 384.

20. Vermeulen, T. et al. Chemical Engineerings Progress 62 (9), (1966) : 95.

21. Zheleznyak, A. S. and Landau, A. M. Theoretical Foundations of Chemical Engineering 7 (1973) : 525.

22. Harvath, M, Steiner, L. and Hartland, S. "Prediction of Drop Diameter, Hold-up and Backmixing Coefficients in Liquid-Liquid Spray Column" The Canadian Journal of Chemical Engineering 56 (1978) : 9.

23. Scheele, G. F. and Meister, B. J. Journal of American Institute of Chemical Engineers 14 (1968) : 9.

24. Skelland, A. H. P. and Johnson, K. R. The Canadian Journal of Chemical Engineering 52 (1974) : 732.

25. Perrut, M. and Loutaty, R. Journal of Chemical Engineering 3(1972) : 286.

26. De. Chazal, L. E. M. and Ryan, J. T. Journal of American Institute of Chemical Engineers 17 (1971) : 1226.

27. Thornton, J. D. Chemical Engineering Science 5 (1956) : 201.

28. Vedaiyan, S., Degaleesan, T. E., and Laddha, G. S. Indian Journal of Technology 12 (1974) : 135-142.

29. Minard, G. W. and Johnson, A. I. Chemical Engineering Progress 48 (1952) : 62.

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

a	พื้นที่อินเตอร์ฟาเยียล, ซม.^{2}/ซม.^{3} ของปริมาตร
A_T	พื้นที่หน้าตัดของคอลัมน์, ซม.^{2}
c	ความเข้มข้น, มิลลิกรัม/ลิตร
d	เส้นผ่านศูนย์กลางของหยด (กรณีไม่ใช่เป็นสัญญลักษณ์ข้างท้าย), ซม.
d_T	เส้นผ่านศูนย์กลางของคอลัมน์, ซม.
d_{32}	เส้นผ่านศูนย์กลางของหยด, ปริมาตร/พื้นที่ผิวหน้าของหยด, ซม.
d_{vs}	เช่นเดียวกับ d_{32}
E	สัมประสิทธิ์การไหลย้อนกลับ, ม.^{2},/วินาที
F	อัตราการไหลโดยปริมาตร, ลิตร/ซม.
g	ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (981.46 ซม./วินาที^{2})
J	ดิสเปอร์ชันฟลัก (dispersion flux)
k	สัมประสิทธิ์การส่งผ่านมวลสาร , K สัมประสิทธิ์การส่งผ่านมวลสารทั้งหมด
L	ความยาวของเครื่องมือสกัด
m	ความชันของเส้นอีควิลิเบรียม
NTU	จำนวนของหน่วยส่งผ่าน
Pe	เบอร์เพเคลต $(U_i \cdot L/E_i)$
R_x	$NTU_y\ (F_x/F_y) = NTU_x$
R_y	NTU_y
t	เวลา
$\bar{t}$	เวลาเรสิเด็นท์ (residence time)
U	ความเร็วซุปเปอร์ฟิเยียล, ซม./วินาที
U_o	ความเร็วคาแรคเตอร์ลิสติค, ซม./วินาที
v	อัตราความเร็ว , ซม/วินาที
v_s	ความเร็วสลิป, ซม./วินาที
V	ปริมาตรของหยด, ม.^{3}
X	ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในเฟส X , มิลลิกรัม/ลิตร
Y	ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในเฟส Y , มิลลิกรัม/ลิตร
Z	ความยาว (ไม่มีหน่วย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์ภาษากรีก

$\emptyset$	โฮลอัพ (hold up) ของเฟสกระจาย
ν	ความหนืดไคเนมาติค (kinematic viscosity)
μ	ความหนืด (viscosity)
$\bar{\mu}$	ความหนืดสัมพัทธ์ (relative viscosity)
γ	แรงตึงผิว
ρ	ความหนาแน่น
ϵ	ไครเตอเรีย (สมการที่ 29)
μ_t	โมเมนต์ (moment) แรกสำหรับการกระจายอย่างต่อเนื่อง $\left[\int_0^\infty t\, f(t)\, dt \Big/ \int_0^\infty f(t)\, dt \right]$
σ_t^2	โมเมนต์ที่สอง $\left[\int_0^\infty t^2 f(t)\, dt \Big/ \int_0^\infty f(t)\, dt - \mu_t^2 \right]$
σ^2	วาเรียนซ์ (variance) ของการกระจาย $\left[\sigma_t^2 / (\bar{t})^2 \right]$

สัญญลักษณ์ข้างท้าย

c	เฟสหลัก
d	เฟสกระจาย
e	การทดลอง
i	จำนวนใด ๆ , เฟสใดๆ
I	เงื่อนไขอินเตอร์ฟาเชียล
j	เจตติง
jc	ค่าคริติคัลจากเจ็ท
n	นอสเซิล
nc	ค่าคริติคัลจากนอสเซิล
op	ภาวะเหมาะสม
th	ทฤษฎี
x	เฟส X
y	เฟส Y
เข้า	เงื่อนไขการ "เข้า"
ออก	เงื่อนไขการ "ออก"

สัญญลักษณ์เบื้องบน

*	เงื่อนไข "อีควิลิเบรียม"

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ผลการทดลองและกราฟ

ตารางที่ 16 การกระจายความเข้มข้นของไอโอดีนในน้ำ (X) และน้ำมันก๊าด (Y) ที่อีควิลิเบรียม

ความเข้มข้นของไอโอดีนในน้ำ มิลลิกรัม/ลิตร	ความเข้มข้นของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด มิลลิกรัม/ลิตร
17.61	950.87
33.86	1517.05
47.06	2059.19
78.56	2294.54
112.70	3388.39
159.15	5326.32
204.81	5898.21

ตารางที่ 17 ความจุของคอลัมน์

อัตราการไหลของน้ำ ลิตร/ชม.	อัตราการไหลของน้ำมันก๊าด ลิตร/ชม.	ความจุของคอลัมน์ ลิตร/ชม.
20	36.4	56.4
	39.0	59.0
25	37.0	62.0
	37.0	62.0
30	28.0	58.0
	32.4	62.4

หมายเหตุ ความจุ ของคอลัมน์โดยเฉลี่ยประมาณ 59.97 ลิตร/ชม.

ตารางที่ 18 ค่าแนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสอง เมื่อใช้ความสูง 5 ช่วง (ΔZ = 0.2 เมตร)

18.1 F_x = 10 ลิตร/ชม. , F_y = 30 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 155.72 มิลลิกรัม/ลิตร

ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = 4.2 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 ค่าแนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสอง เมื่อใช้ความสูง 5 ช่วง

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	2.57	3.86	4.50	8.35	17.34
						(44.63)
X	4.5	10.92	11.56	12.0	19.27	26.97
	(15.41)					

18.2 F_x = 10 ลิตร/ชม., F_y = 27.5 ลิตร/ชม.

X เข้า = 150.05 มิลลิกรัม/ ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = - 0.6 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	2.63	4.60	9.06	14.46	22.35
						(48.65)
X	8.55	11.83	14.79	15.12	17.09	28.27
	(17.10)					

18.3 F_x = 10 ลิตร/ชม. , F_y = 25 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 90.30 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = -22.3 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	1.27	1.87	6.72	14.18	32.84
						(39.37)
X	4.48	8.96	9.70	11.94	15.67	23.88
	(12.0)					

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18.4 F_x = 10 ลิตร/ชม., F_y = 22.5 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 172.10 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = − 10.0 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	6.42	12.20	17.34	30.83	42.39 (61.33)
X	25.05 (51.37)	39.17	40.46	45.60	49.45	60.37

18.5 F_x = 15 ลิตร/ชม., F_y = 30 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 143.85 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = 15.6 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	4.5	19.27	16.70	28.90	35.72 (70.32)
X	7.07 (25.69)	12.20	15.41	17.00	24.41	32.75

18.6 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 177.88 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = 1.2 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	6.42	11.56	20.55	44.95	43.03 (81.39)
X	5.14 (30.82)	16.70	21.19	27.62	32.11	39.17

18.7 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 25 ลิตร/ชม.

X เข้า = 91.04 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = 6.8 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	4.48	9.70	16.42	26.12	32.84
						(49.25)
X	5.6	8.96	13.43	17.17	26.12	28.36
	(15.1)					

18.8 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม.

Xเข้า = 288.43 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = 4.45 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	14.79	23.01	34.18	54.56	77.24
						(137.07)
X	32.87	59.17	63.77	70.01	85.46	85.79
	(70.0)					

18.9 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

X เข้า = 149.62 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = 5.79%

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	3.86	4.82	6.42	12.85	14.77
						(79.63)
X	7.71	10.28	11.56	17.34	29.54	39.82
	(21.51)					

18.10 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม.

X เข้า = 279.06 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = 6.7 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	12.49	18.41	28.27	49.96	68.37
						(157.78)
X	21.37	26.30	31.55	38.79	48.65	66.4
	(43.39)					

18.11 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 25 ลิตร/ชม.

X เข้า = 122.6 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = 4.5 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	4.6	9.2	16.43	24.0	33.53
						(71.33)
X	16.11	19.72	23.01	26.95	31.55	34.18
	(27.94)					

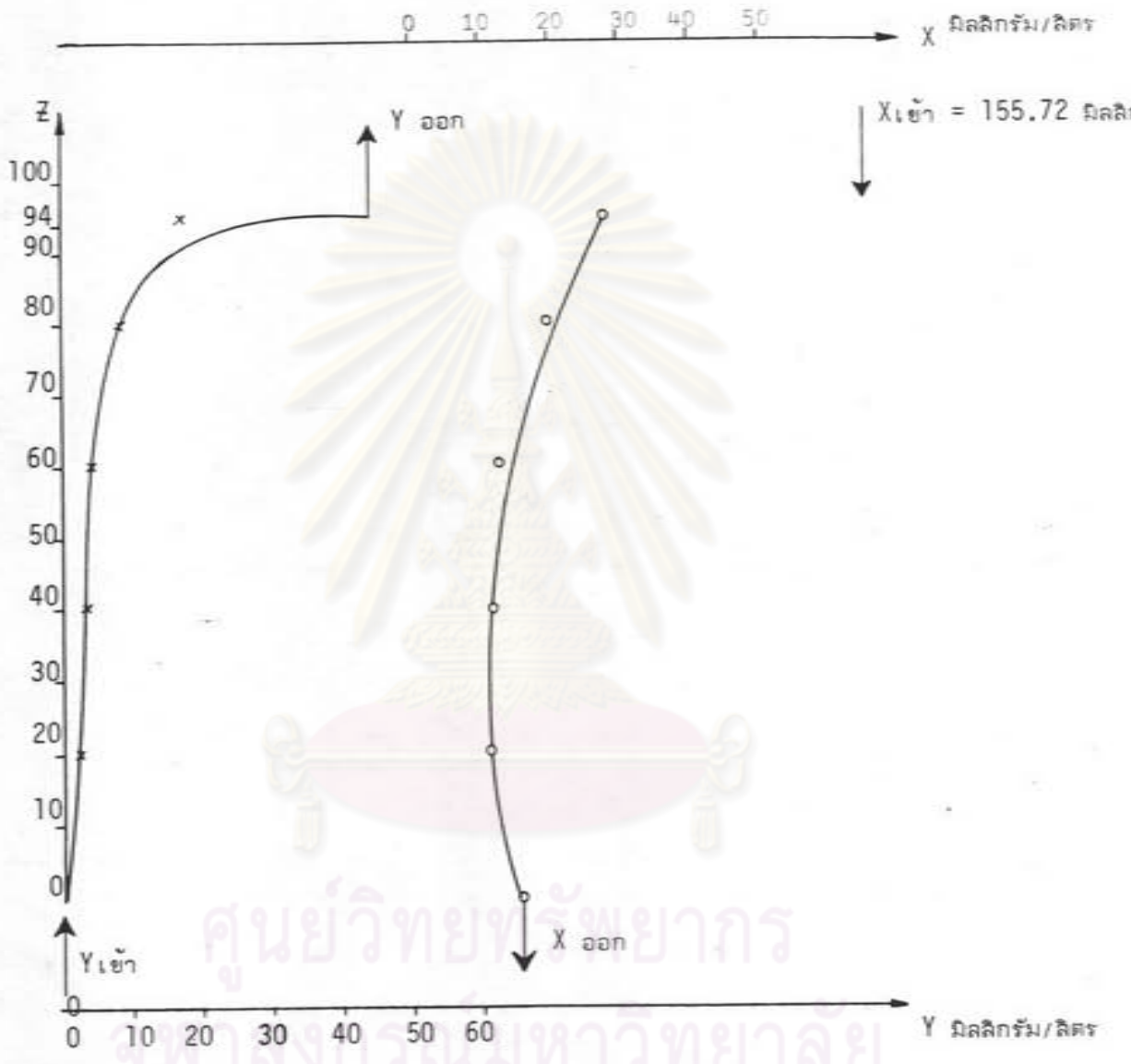
18.12 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม.

Xเข้า = 228.12 มิลลิกรัม/ลิตร

% ความผิดพลาดของปริมาณไอโอดีนเข้าออก = 2.2 %

Z	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.94
Y	0	19.39	23.67	34.84	57.85	61.80
						(150.54)
X	26.95	46.02	46.68	53.25	62.45	73.63
	(53.47)					

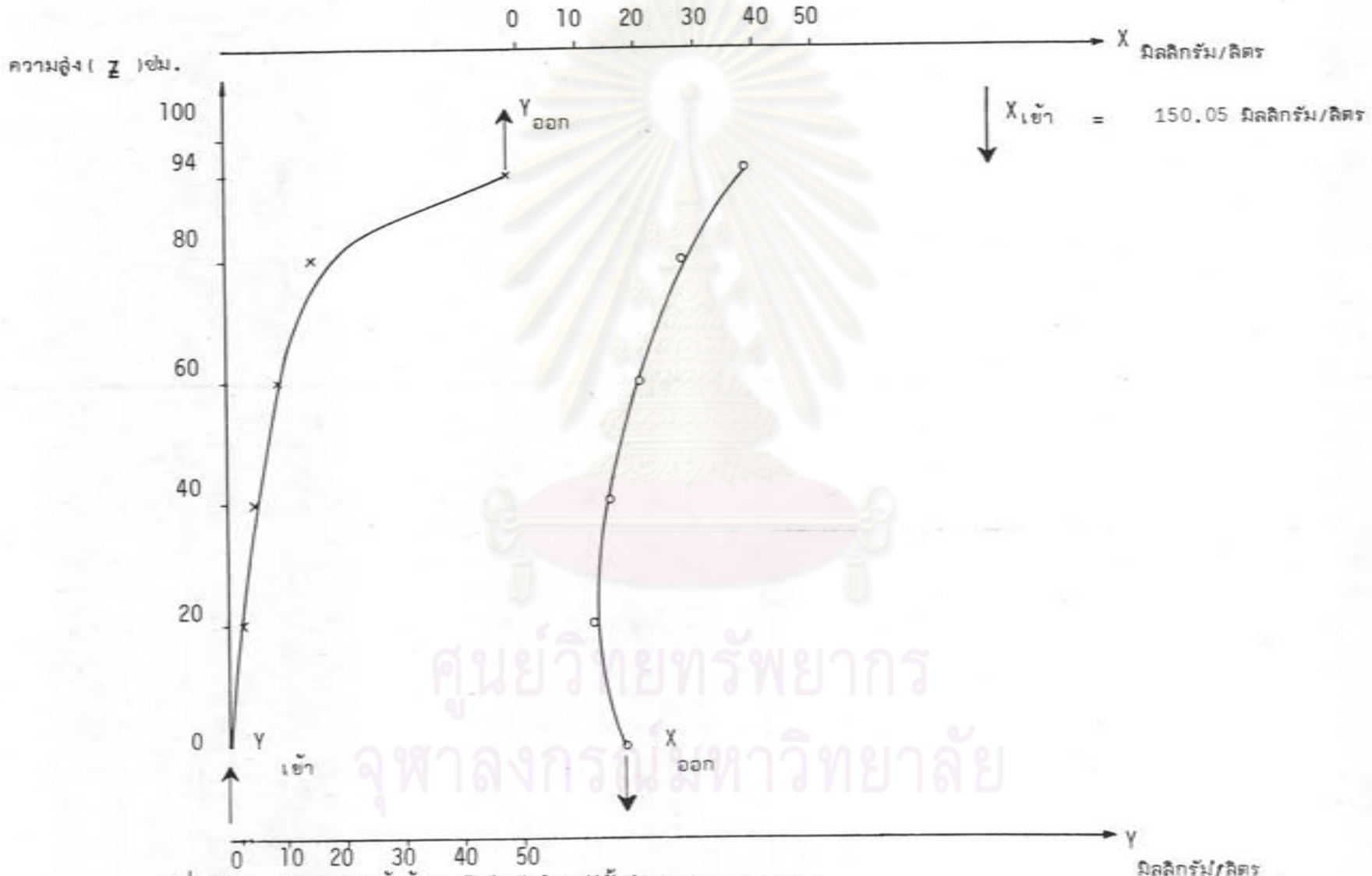
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.1 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟล่ทั้งล่องจากการทดลอง

เมื่อ F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม. และ X เข้า = 155.72 มิลลิกรัม/ลิตร

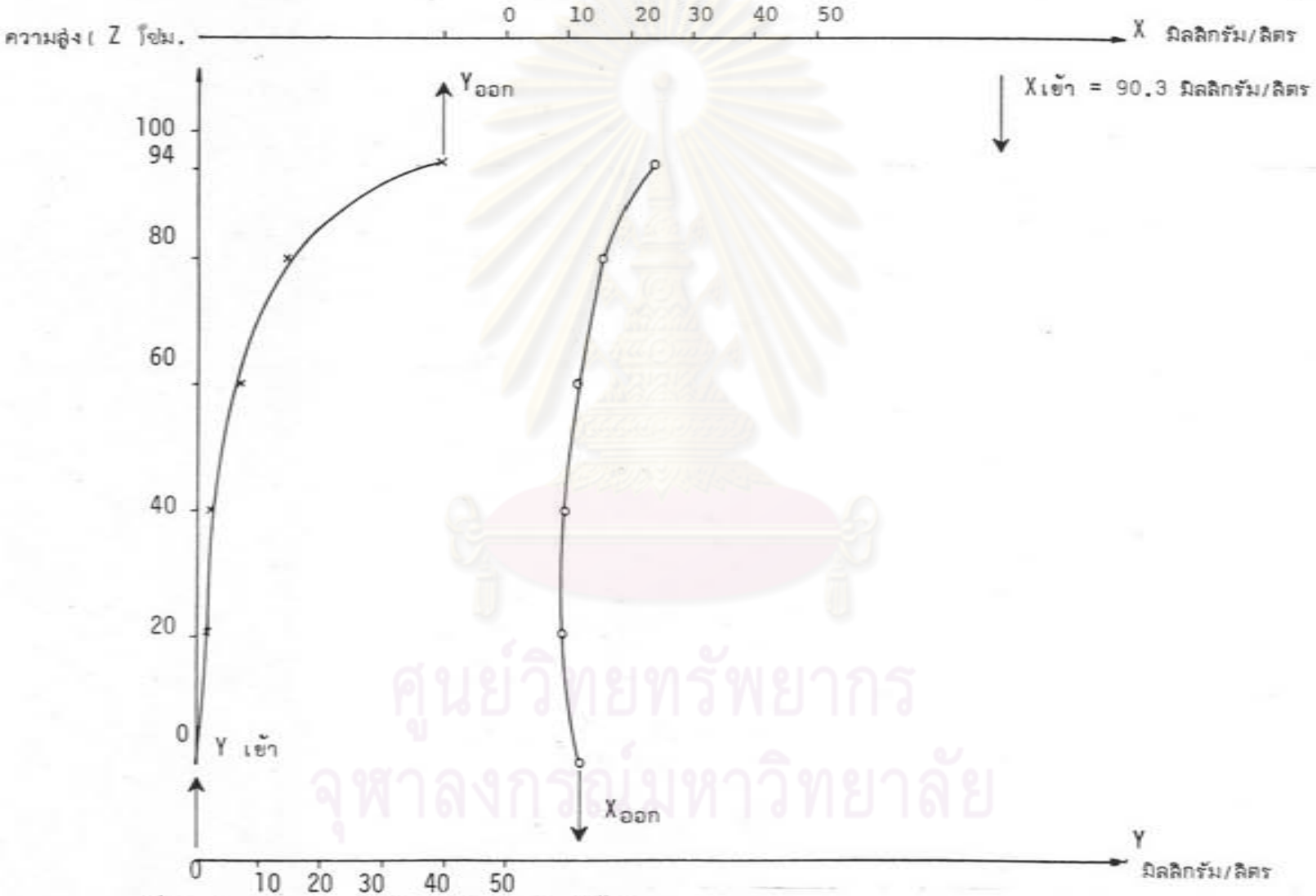
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.2 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสองจากการทดลอง

เมื่อ F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม. และ $X_{เข้า}$ = 150.05 มิลลิกรัม/ลิตร

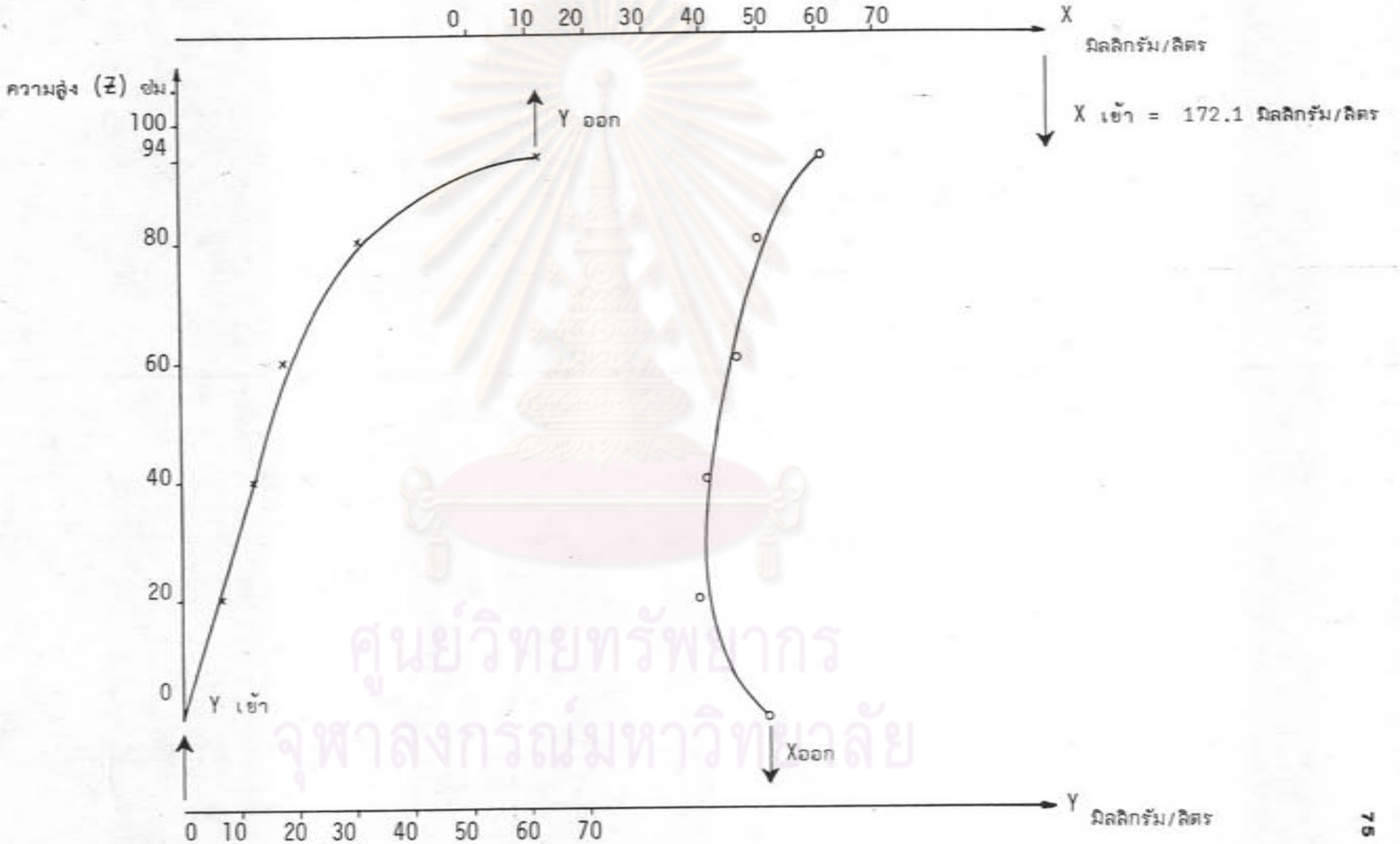
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.3 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสองจากการทดลอง

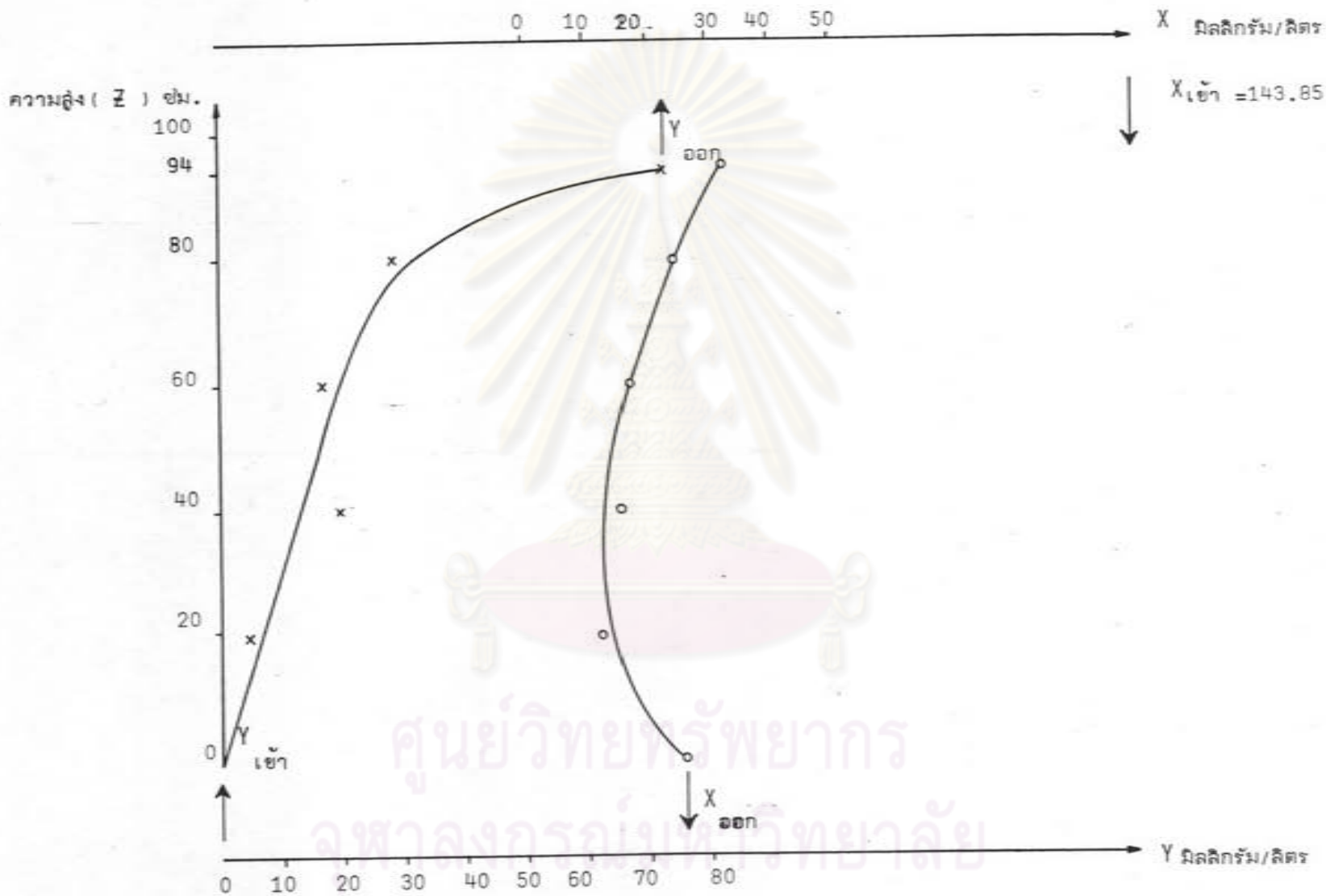
เมื่อ F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 25 ลิตร/ชม. และ X เข้า = 90.3 มิลลิกรัม/ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.4 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสองจากการทดลอง
เมื่อ F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม. X เข้า = 172.1 มิลลิกรัม/ลิตร

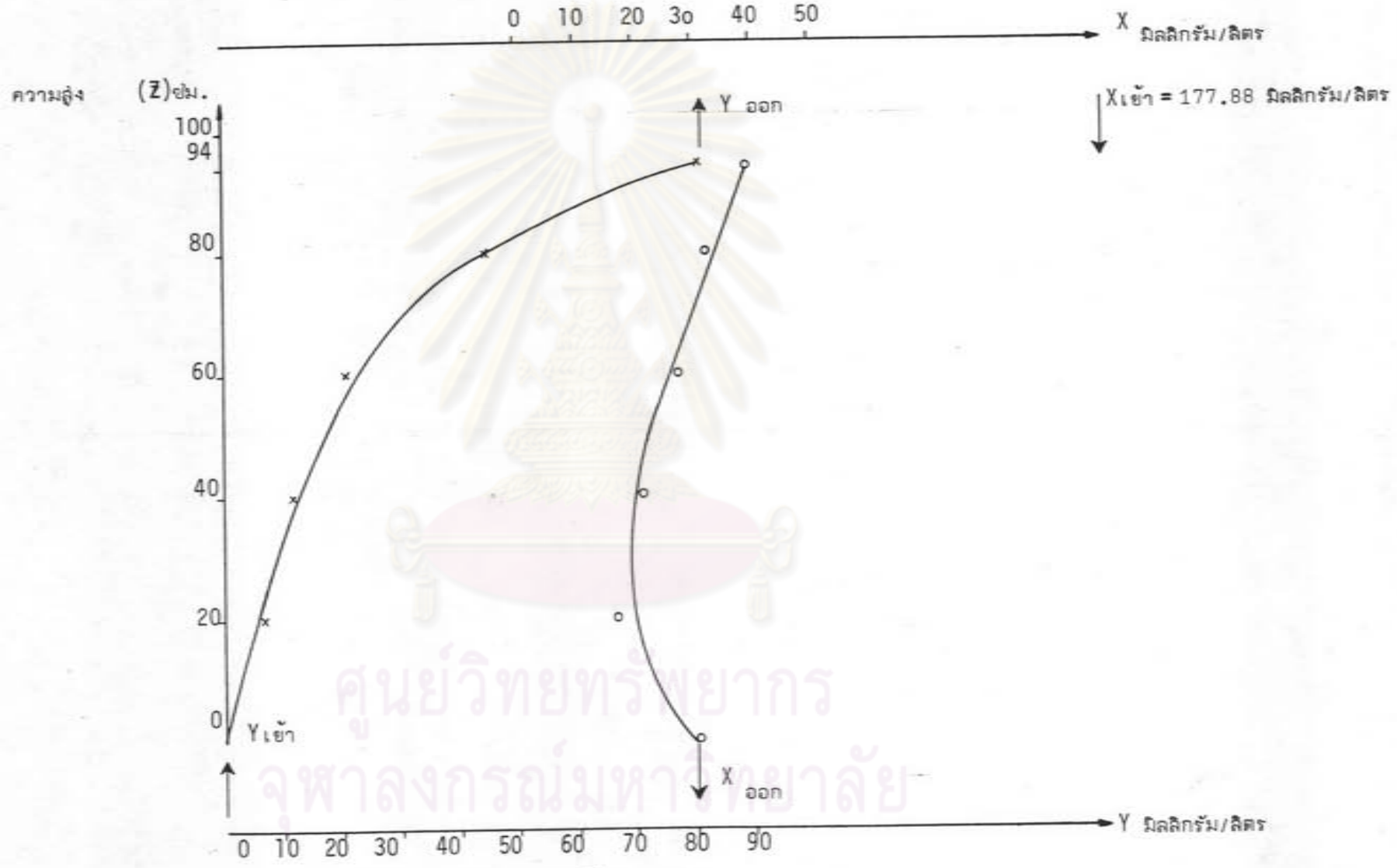
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.5 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสองจากการทดลอง

เมื่อ F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม. $X_{เข้า}$ = 143.85 มิลลิกรัม/ลิตร

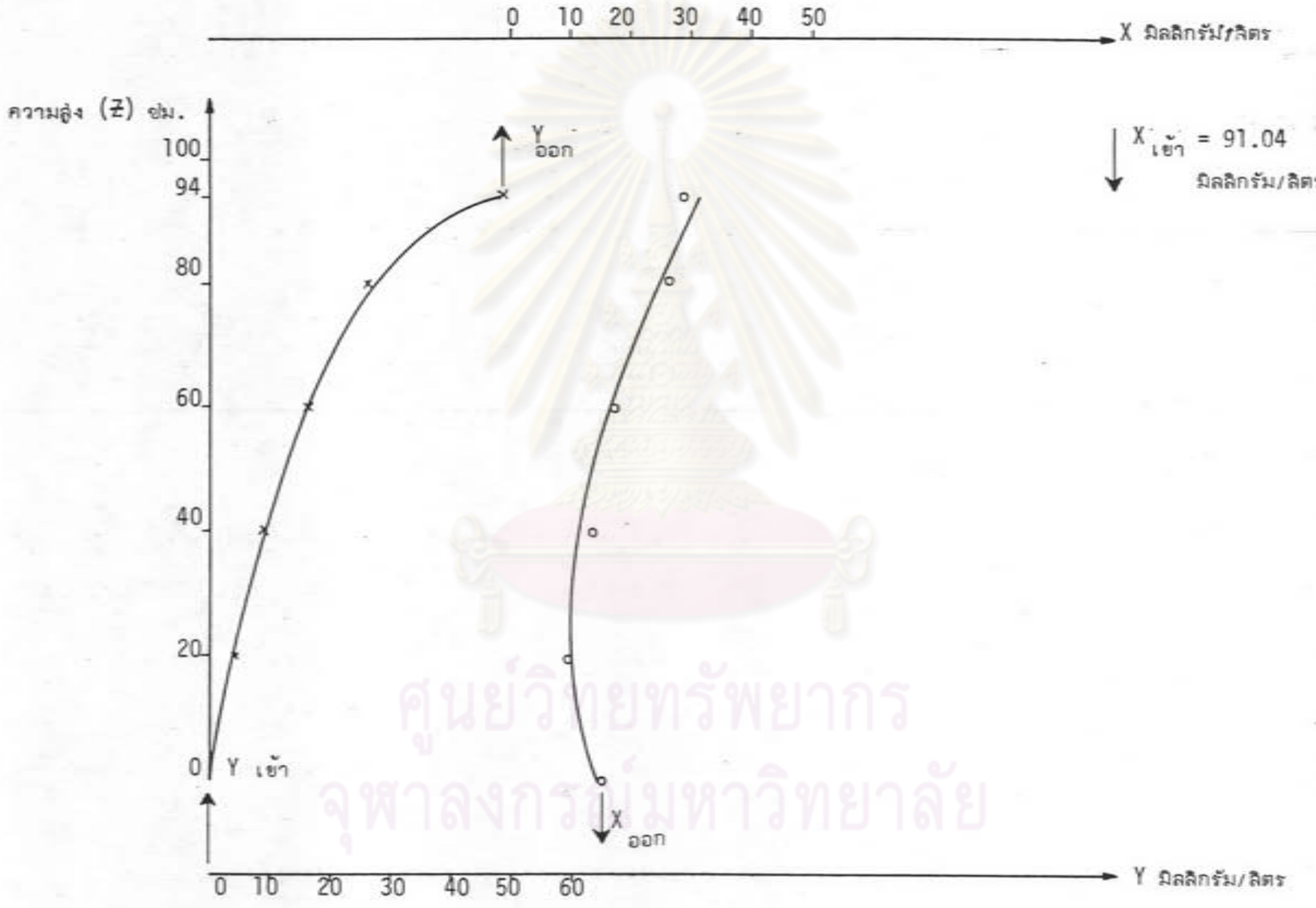
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.6 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสองจากการทดลอง

เมื่อ F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม. และ X เข้า = 177.88 มิลลิกรัม/ลิตร

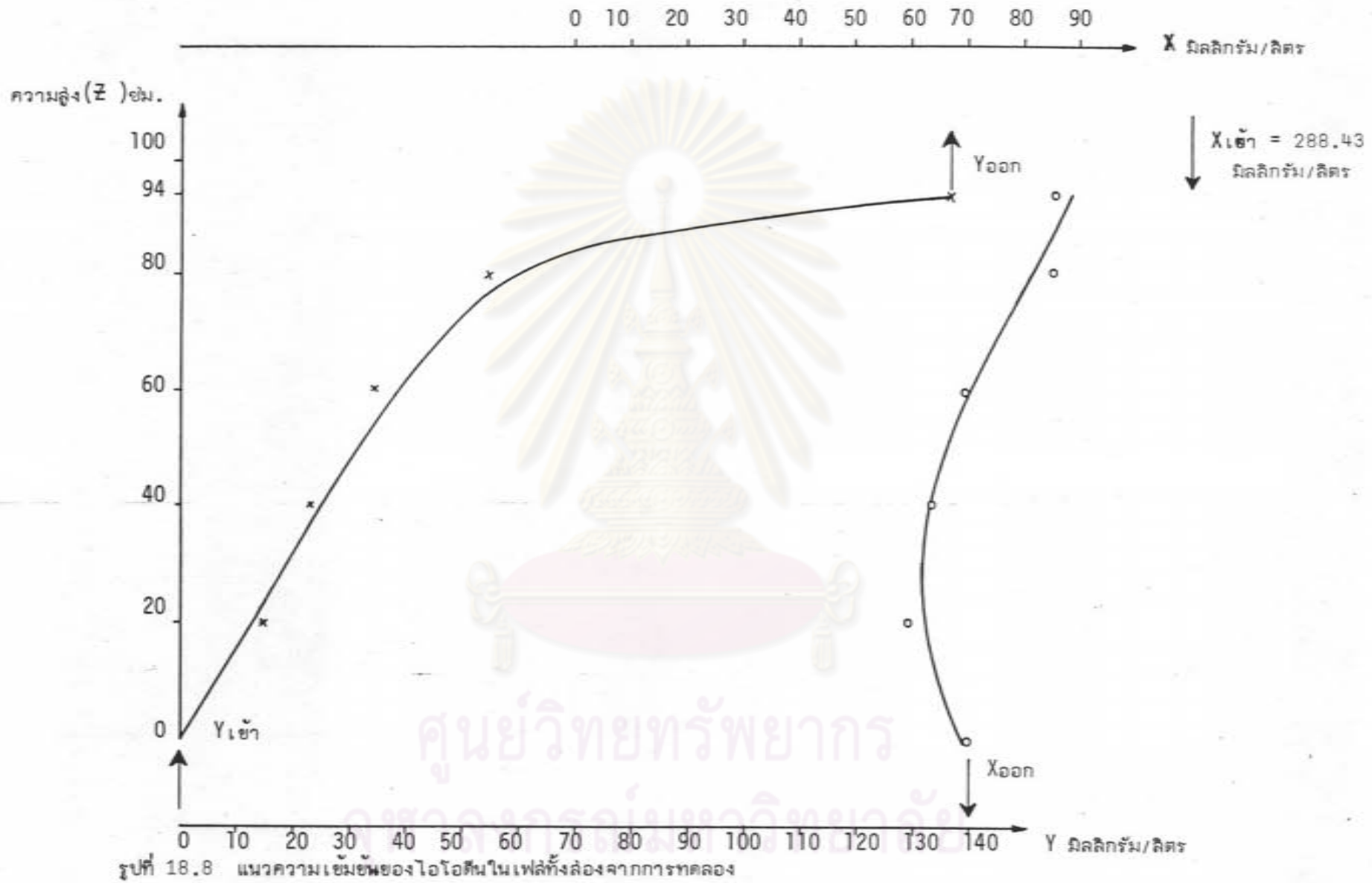
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.7 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสองจากการทดลอง

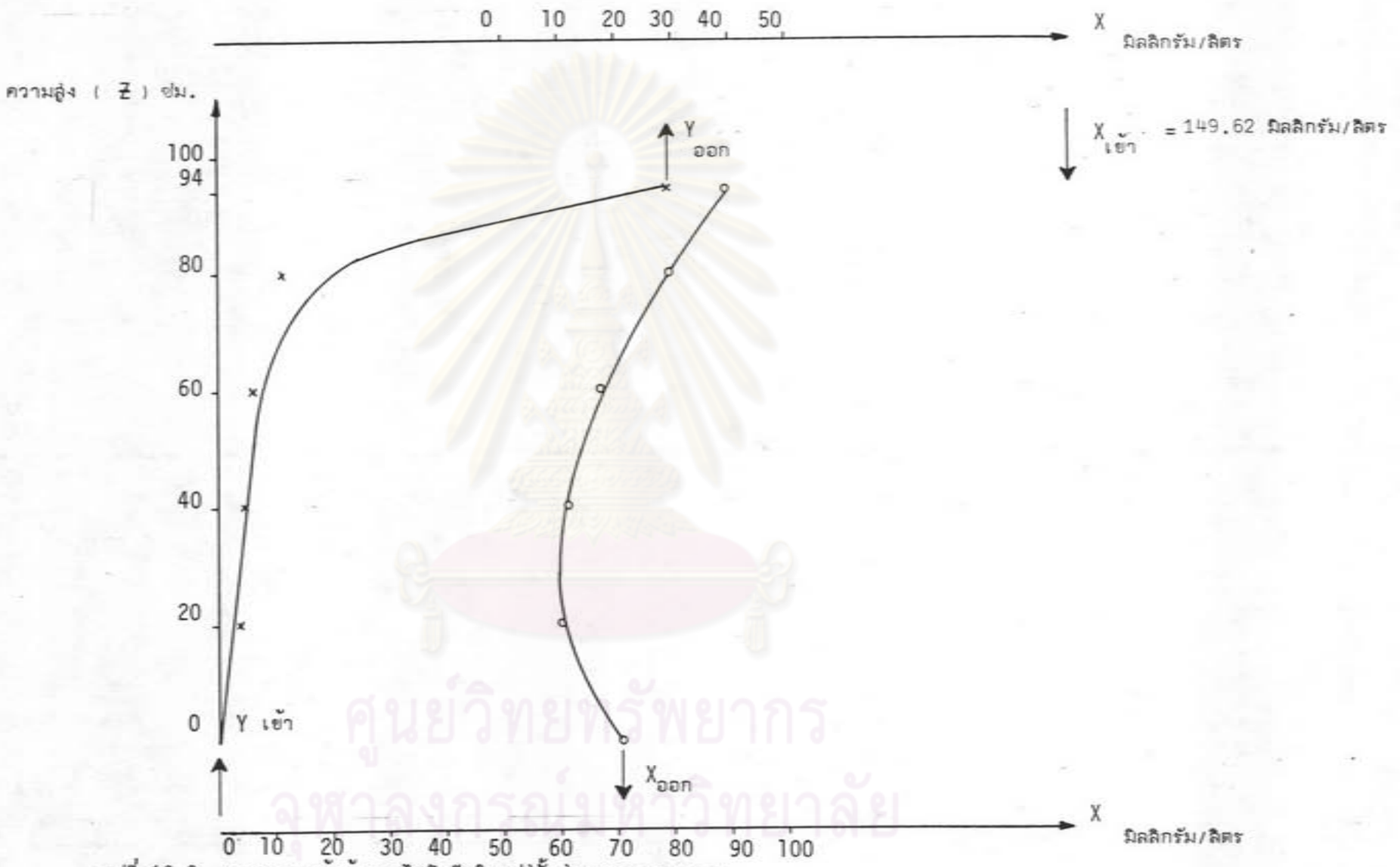
เมื่อ F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 25 ลิตร/ชม. และ X เข้า = 91.04 มิลลิกรัม/ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.8 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟล่ทั้งล่องจากการทดลอง

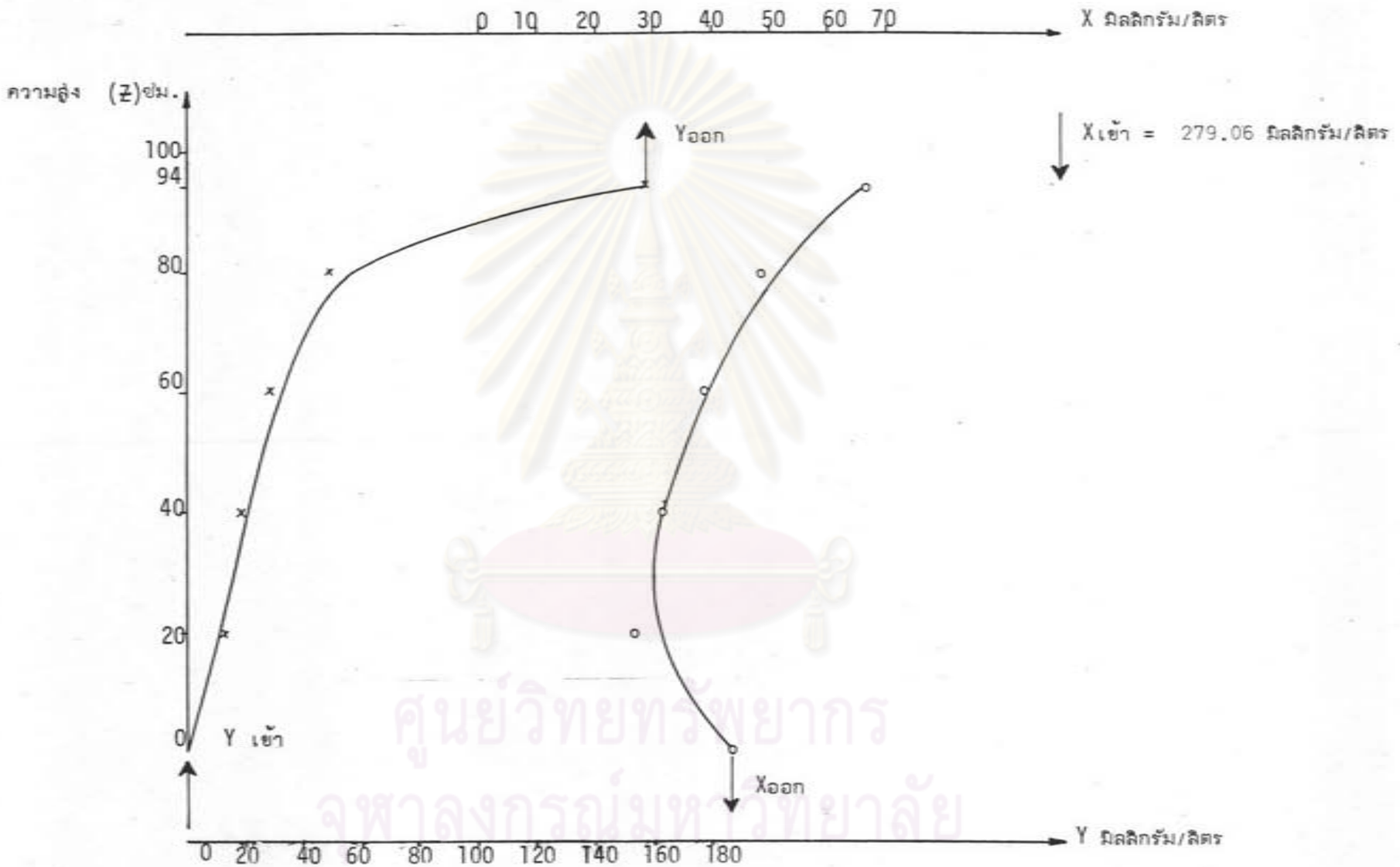
เมื่อ F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม. และ X เข้า = 288.43 มิลลิกรัม/ลิตร



รูปที่ 18.9 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสองจากการทดลอง

เมื่อ F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม. และ X เข้า = 149.62 มิลลิกรัม/ลิตร

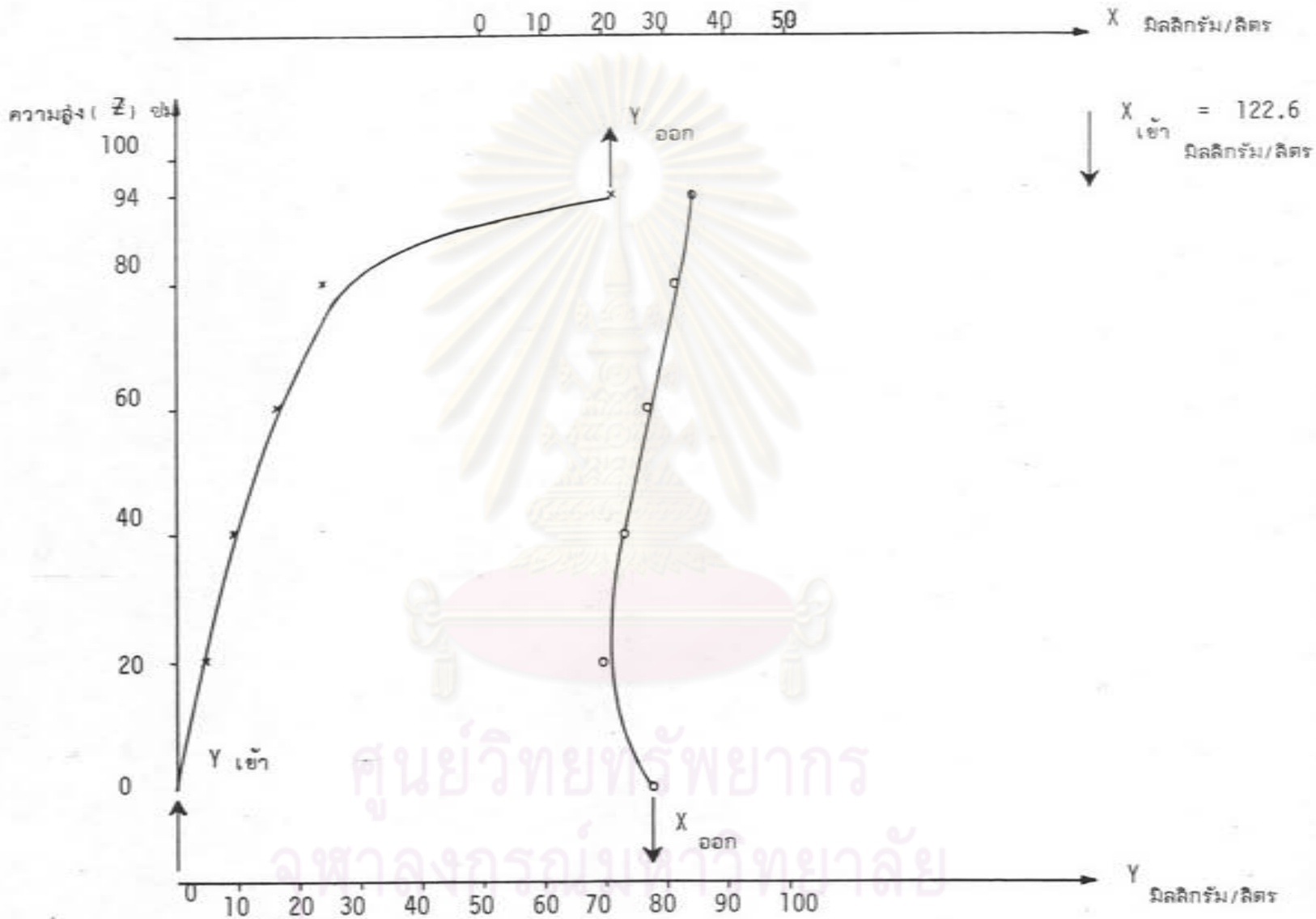
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.10 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนทั้งล่องเฟสจากการทดลอง

เมื่อ F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม. X เข้า = 279.06 มิลลิกรัม/ลิตร

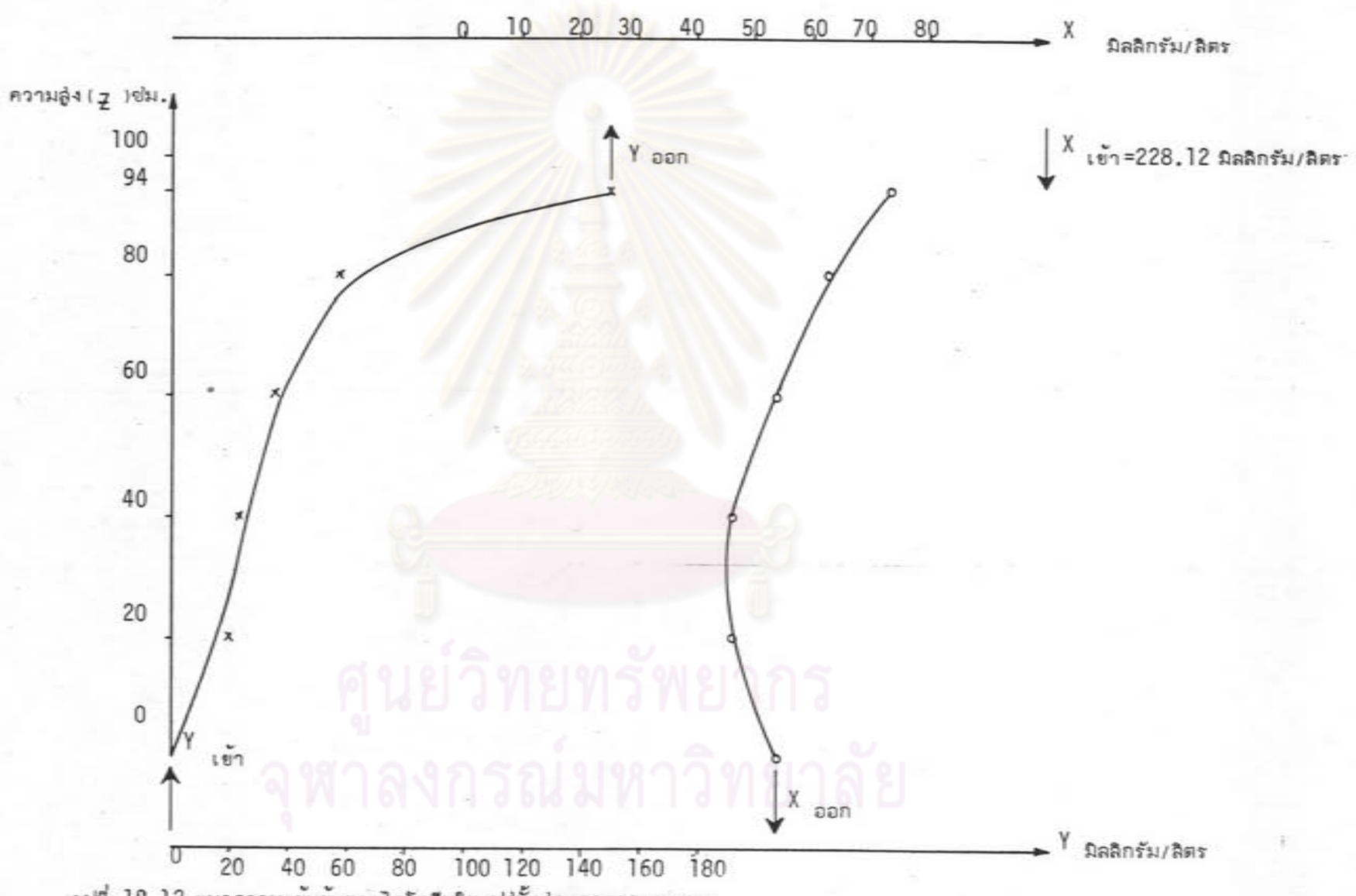
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.11 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสองจากการทดลอง

เมื่อ F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 25 ลิตร/ชม. และ X เข้า = 122.6 มิลลิกรัม/ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18.12 แนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟล่ทั้งล่องจากการทดลอง

เมื่อ F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม. และ $X_{เข้า}$ = 228.12 มิลลิกรัม/ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 ค่าแนวความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสอง เมื่อใช้ความสูง 10 ช่วง (ΔZ = 0.1 เมตร) ซึ่งทำการประมาณค่าใหม่โดยใช้กราฟ

19.1 F_X = 10 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 155.72 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	0.5	3	3.5	4	4.5	5	6	8	14	21 (44.63)
X	5 (15.41)	8	11	11	12	13	13	16	19	25	30

19.2 F_X = 10 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 150.05 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	1	2	3	4	7	9	12	14	20	25 (48.65)
X	9 (17.09)	10	12	13	15	15	15	16	17	25	33

19.3 F_X = 10 ลิตร/ชม. F_y = 25 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 90.3มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	1	.1	1.5	2	4	7	10	14	27	40 (39.37)
X	4.5 (12.0)	7	8	9	10	11	12	14	16	21	27

19.4 F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม.

Xเข้า = 172.1 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	3	6	9	12	15	17	24	30	38	46
											(61.33)
X	25	32	39	40	40	43	46	48	50	57	65
(51.37)											

19.5 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

X เข้า = 143.85 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	2	4	11	19	18	17	23	29	34	38
											(70.32)
X	7	10	12	14	16	16	17	21	25	30	36
(25.69)											

19.6 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม.

Xเข้า = 177.88 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	3	6	9	11	16	20	34	45	44	43
											(81.39)
X	5	11	17	19	21	25	28	30	32	37	43
(30.82)											

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

19.7 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 25.0 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 91.04 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	2	4	7	10	13	16	21	26	31	35 (49.25)
X	6 (15.1)	7	9	11	13	15	18	21	24	28	32

19.8 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม.

X เข้า = 288.43 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	7	15	19	23	29	34	45	55	70	85 (137.07)
X	33 (70)	46	59	61	63	67	70	78	85	86	86

19.9 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

X เข้า = 149.62 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	1	3	4	5	5	6	9	12	14	16 (79.63)
X	7 (21.51)	9	10	11	11	14	17	24	29	36	44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

19.10 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม.

X เข้า = 279.06 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	6	12	15	18	24	28	38	50	63	77
											(157.78)
X	21	24	26	29	32	35	39	44	48	61	75
	(43.39)										

19.11 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 25 ลิตร/ชม.

X เข้า = 122.60 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	2	4	7	9	13	16	20	24	31	38
											(71.33)
X	16	18	19	21	23	25	26	29	31	33	35
	(27.94)										

19.12 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม.

X เข้า = 228.12 มิลลิกรัม/ลิตร

Z	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Y	0	10	19	21	24	29	34	45	57	60	63
											(150.54)
X	27	36	45	46	46	50	53	58	62	70	78
	(53.74)										

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ผลการคำนวณแนวความเข้มข้นของทฤษฎีของไอโอดีนในเฟล่ทั้งล่อง

ตารางที่ 20 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในเฟล่ทั้งล่องตลอดความยาวของคอลัมน์

20.1 F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

X เข้า = 155.72 มิลลิกรัม/ลิตร Pe_x = 2.2283

Pe_y = 100 $R_y = (F_x/F_y)\,R_y$, $m_i = .0143(X_e)_i^{0.23}$

20.1.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$				
			$R_x = 3$	$R_x = 6$	$R_x = 9$	$R_x = 12$	$R_x = 15$
0	15.41	0.0268	26.682	9.44	4.268	2.208	1.248
0.1	8	0.0231	26.682	9.44	4.268	2.208	1.248
0.2	11	0.0248	28.283	10.569	5.031	2.731	1.614
0.3	11	0.0248	31.255	12.732	6.537	3.796	2.385
0.4	12	0.0253	35.498	15.972	8.898	5.537	3.694
0.5	13	0.0258	41.008	20.457	12.363	8.236	5.829
0.6	13	0.0258	47.854	26.462	17.312	12.317	9.228
0.7	16	0.0270	56.176	34.396	24.335	18.484	14.663
0.8	19	0.0281	66.165	44.792	34.227	27.723	23.259
0.9	25	0.030	78.081	58.399	48.186	41.634	36.967
1.0	30	0.0364	92.229	76.133	67.781	62.423	58.606

20.1.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$				
		$R_x = 3$	$R_x = 6$	$R_x = 9$	$R_x = 12$	$R_x = 15$
0	0	0.284	.215	.163	.13	.111
0.1	1.5	3.122	2.37	1.793	1.435	1.218
0.2	3	5.517	3.831	2.518	1.652	1.081
0.3	3.5	8.961	6.877	5.157	4.016	3.27
0.4	4	11.554	8.589	6.005	4.167	2.866
0.5	4.5	16.465	13.898	11.293	9.373	7.999
0.6	5	19.244	15.984	12.415	9.558	7.329
0.7	6	26.916	25.879	23.476	21.351	19.632
0.8	8	29.271	27.884	24.661	21.57	18.843
0.9	14	42.074	46.881	48.033	48.358	48.438

20.2 F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 150.05 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 2.2535 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y)R_x$ $m_i = 0.0143(X_e)_i^{0.23}$

20.2.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$			
			R_x= 2	R_x = 6	R_x = 10	R_x = 15
0	17.09	0.0275	40.292	9.06	3.284	1.194
0.1	10	0.0243	40.292	9.06	3.284	1.194
0.2	12	0.0253	41.291	10.153	3.933	1.548
0.3	13	0.0258	44.911	12.247	5.228	2.291
0.4	15	0.0267	49.105	15.382	7.285	3.553
0.5	15	0.0267	54.426	19.722	10.359	5.615
0.6	15	0.0267	60.854	25.533	14.832	8.897
0.7	16	0.0271	68.425	33.215	21.315	14.155
0.8	17	0.0274	77.204	43.288	30.639	22.479
0.9	25	0.0300	87.204	56.484	44.094	35.781
1.0	33	0.0320	98.841	73.691	63.381	56.796

20.2.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำยันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$			
		R_x=2	R_x=6	R_x=10	R_x=15
0	0	0.307	.225	.158	.115
0.1	1	3.375	2.479	1.74	1.267
0.2	2	6.084	4.007	2.314	1.126
0.3	3	9.615	7.198	4.975	3.41
0.4	4	12.439	8.99	5.62	2.988
0.5	7	17.071	14.562	11.139	8.357
0.6	9	19.936	16.75	12.007	7.655
0.7	12	26.607	27.151	23.897	20.561
0.8	14	28.91	29.265	24.851	19.744
0.9	20	39.349	49.267	50.654	50.885
1.0	48.65	39.349	49.267	50.654	50.885

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20.3 F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 25 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 90.3 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 2.2404 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y)R_x$ $m_i = 0.0143 (X_e)_i^{0.23}$

20.3.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$					
			R_x= 3	R_x= 7	R_x=8	R_x=9	R_x=10	R_x=15
0	12	0.0253	15.476	4.125	3.171	2.479	1.967	0.727
0.1	7	0.0224	15.476	4.125	3.171	2.479	1.967	0.727
0.2	8	0.0231	16.408	4.702	3.677	2.924	2.358	0.940
0.3	9	0.0237	18.139	5.818	4.666	3.802	3.139	1.390
0.4	10	0.0243	20.609	7.516	6.193	5.177	4.379	2.153
0.5	11	0.0248	23.815	9.913	8.392	7.195	6.233	3.398
0.6	12	0.0253	27.797	13.194	11.467	10.075	8.932	5.378
0.7	14	0.0262	32.637	17.638	15.733	14.163	12.847	8.545
0.8	16	0.0271	38.444	23.61	21.603	19.917	18.478	13.548
0.9	21	0.0288	45.372	31.637	29.694	28.04	26.608	21.530
1.0	27	0.0305	53.595	42.374	40.787	39.435	38.265	34.117

20.3.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำส้มกาด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(X_{th})_i$					
		R_x = 3	R_x=7	R_x=8	R_x= 9	R_x=10	R_x=15
0	0	0.197	0.136	0.124	0.113	0.104	0.076
0.1	1	2.171	1.493	1.359	1.245	1.147	0.841
0.2	1	3.839	2.321	2.018	1.754	1.524	0.756
0.3	1.5	6.233	4.333	3.934	3.585	3.282	2.268
0.4	2	8.039	5.316	4.718	4.183	3.707	2.004
0.5	4	11.455	9.012	8.405	7.854	7.358	5.557
0.6	7	13.390	10.252	9.422	8.647	7.931	5.118
0.7	10	18.725	17.446	16.88	16.328	15.803	13.649
0.8	14	20.366	18.681	17.925	17.168	16.428	13.134
0.9	27	29.272	33.001	33.251	33.415	33.523	33.694
1.0	40	29.272	33.001	33.251	33.415	33.523	33.694

20.4 F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม.

X เข้า = 172.1 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 2.3051 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y)R_x$ $m_i = 0.0143(X_e)_i^{0.23}$

20.4.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$					
			R_x=2	R_x=3	R_x=4	R_x=5	R_x=7	R_x=15
0	51.37	0.0354	46.212	29.436	19.998	14.194	7.844	1.391
0.1	32	0.0317	46.212	29.436	19.998	14.194	7.844	1.391
0.2	39	0.0332	48.116	31.252	21.54	15.648	8.965	1.805
0.3	40	0.0334	51.604	34.614	24.712	18.397	11.127	2.677
0.4	40	0.0334	56.486	39.401	29.158	22.441	14.409	4.149
0.5	43	0.0340	62.669	45.606	35.053	27.919	19.042	6.56
0.6	46	0.0345	70.132	53.305	42.562	35.074	25.38	10.384
0.7	48	0.0348	78.911	62.658	51.961	44.284	33.972	16.521
0.8	50	0.0352	89.085	73.877	63.599	50.026	45.518	26.203
0.9	57	0.0362	100.779	87.264	77.96	70.978	61.063	41.703
1.0	65	0.0374	114.139	103.156	95.595	89.921	81.863	66.13

20.4.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$					
		R_x=2	R_x=3	R_x=4	R_x=5	R_x=7	R_x=15
0	0	0.43	0.416	0.384	0.348	0.285	.157
0.1	3	4.725	4.58	4.223	3.38	3.131	1.727
0.2	6	8.518	8.098	7.293	6.426	4.885	1.599
0.3	9	13.458	13.148	12.199	11.106	9.100	4.711
0.4	12	17.416	16.965	15.642	14.10	11.196	4.242
0.5	15	23.902	24.184	23.205	21.815	18.969	11.625
0.6	17	27.919	28.283	27.089	25.34	21.618	10.826
0.7	24	37.264	39.577	39.764	39.052	36.804	28.708
0.8	30	40.495	43.062	43.23	42.331	39.452	27.755
0.9	38	55.129	61.955	65.603	67.711	69.803	71.228
1.0	61.33	55.129	61.955	65.603	67.711	69.803	71.228

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20.5 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

X เข้า = 143.85 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 2.9887 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y)R_x$ m_i = $0.0143 (X_e)_i^{0.23}$

20.5.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$			
			R_x=2	R_x=5	R_x=10	R_x=15
0	25.69	0.0302	36.692	10.25	2.375	0.796
0.1	10	0.0243	36.692	10.25	2.375	0.796
0.2	12	0.0253	38.595	11.573	2.98	1.093
0.3	14	0.0262	42.0	14.039	4.189	1.731
0.4	16	0.0271	46.687	17.657	6.135	2.839
0.5	16	0.0271	52.561	22.589	9.131	4.74
0.6	17	0.0274	59.61	29.108	13.631	7.895
0.7	21	0.0288	67.89	37.638	20.413	13.229
0.8	25	0.0300	77.495	48.712	30.52	22.057
0.9	30	0.0313	88.574	63.09	45.705	36.929
1.0	36	0.0326	101.293	81.673	68.288	61.532

20.5.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$			
		R_x=2	R_x=5	R_x=10	R_x = 15
0	0	0.385	0.29	0.173	0.129
0.1	2	4.237	3.19	1.907	1.423
0.2	4	7.607	5.198	2.217	0.911
0.3	11	12.152	9.337	5.407	3.686
0.4	19	15.754	11.75	5.681	2.587
0.5	18	21.916	18.967	12.745	9.427
0.6	17	25.665	21.938	13.131	7.575
0.7	23	34.769	35.299	29.142	24.768
0.8	29	37.836	38.146	29.592	22.445
0.9	34	52.325	63.604	65.958	66.023
1.0	70.32	52.325	63.604	65.958	66.023

20.6 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม.

X เข้า 177.88 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 3.0270 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y) R_x$ $m_i = 0.0143 (X_e)_i^{0.23}$

20.6.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$			
			R_x = 2	R_x = 5	R_x = 8	R_x = 11
0	30.82	0.0315	45.346	12.662	4.957	2.308
0.1	11	0.0248	45.346	12.662	4.957	2.308
0.2	17	0.0274	47.723	14.312	5.983	2.959
0.3	19	0.0281	51.969	17.385	7.974	4.275
0.4	21	0.0288	57.808	21.888	11.067	6.427
0.5	25	0.030	65.119	28.025	15.611	9.816
0.6	28	0.0308	73.885	36.132	22.118	15.015
0.7	30	0.0313	84.176	46.738	31.425	23.048
0.8	32	0.0317	96.11	60.508	44.616	35.292
0.9	37	0.0328	109.875	78.389	63.426	54.177
1.0	43	0.0340	125.677	101.507	90.021	82.921

20.6.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$			
		R_x = 2	R_x =5	R_x =8	R_x = 11
0	0	0.519	0.390	0.278	0.215
0.1	3	5.71	4.291	3.062	2.363
0.2	6	10.252	7.0	4.211	2.516
0.3	9	16.377	12.565	8.889	6.621
0.4	11	21.238	15.83	10.299	6.596
0.5	16	29.546	25.545	19.933	15.989
0.6	20	34.601	29.558	21.859	15.904
0.7	34	46.877	47.554	42.364	37.819
0.8	45	51.02	51.413	44.442	37.743
0.9	44	70.577	85.766	88.46	89.001
1.0	81.39	70.577	85.766	88.46	89.001

20.7 F_x = 15 ลิตร/ชม. F_y = 25 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 91.04 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 3.0194 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y) R_x$ $m_i = 0.0143(X_e)_i^{0.23}$

20.7.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$				
			R_x= 2	R_x=5	R_x=6	R_x=7	R_x=12
0	15.1	0.0267	23.221	6.49	4.629	3.393	0.943
0.1	7	0.0224	23.221	6.49	4.629	3.393	0.943
0.2	9	0.0237	24.436	7.334	5.35	4.008	1.232
0.3	11	0.0248	26.607	8.907	6.711	5.185	1.823
0.4	13	0.0258	29.592	11.212	8.747	6.981	2.807
0.5	15	0.0267	33.331	14.353	11.595	9.555	4.39
0.6	18	0.0278	37.814	18.502	15.464	13.149	6.868
0.7	21	0.0288	43.077	23.929	20.687	18.145	10.788
0.8	24	0.0297	49.179	30.97	27.678	25.031	16.889
0.9	28	0.0308	56.216	40.113	37.060	34.562	26.517
1.0	32	0.0317	64.292	51.923	49.581	47.66	41.481

20.7.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$				
		R_x=2	R_x=5	R_x=6	R_x=7	R_x=12
0	0	0.292	0.22	0.195	0.174	0.113
0.1	2	3.216	2.418	2.147	1.917	1.244
0.2	4	5.775	3.948	3.342	2.82	1.196
0.3	7	9.226	7.084	6.294	5.604	3.434
0.4	10	11.964	8.928	7.766	6.727	3.205
0.5	13	16.642	14.399	13.25	12.19	8.452
0.6	16	19.491	16.668	15.14	13.686	8.077
0.7	21	26.399	26.794	25.844	24.849	20.598
0.8	26	28.732	28.973	27.737	26.405	20.167
0.9	31	39.73	48.286	49.067	49.53	50.134
1.0	49.25	39.73	48.286	49.067	49.53	50.134

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20.8 F_x = 15 ลิตร/ชม. , F_y = 22.5 ลิตร/ชม.

$X_{เยา}$ = 288.43 มิลลิอรัม/ลิตร Pe_x = 2.9256

Pe_y = 100 , $R_y = (F_x/F_y)R_x$

$m_i = 0.0143(X_e)_i^{0.23}$

20.8.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$					
			R_x=2	R_x=4	R_x=5	R_x=6	R_x=10	R_x=15
0	70.4	0.038	74.558	30.805	21.416	15.41	5.188	1.815
0.1	46	0.0345	74.558	30.805	21.416	15.41	5.188	1.815
0.2	59	0.0365	78.343	33.916	24.11	17.729	6.466	2.462
0.3	61	0.0368	85.123	39.632	29.127	22.102	9.009	3.846
0.4	63	0.0371	94.457	47.829	36.46	28.616	13.062	6.208
0.5	67	0.0376	106.149	58.677	46.421	37.688	19.259	10.23
0.6	70	0.0380	120.163	72.535	59.517	49.942	28.455	16.773
0.7	78	0.0390	136.6	90.009	76.575	66.398	42.207	27.741
0.8	85	0.0397	155.629	111.824	98.578	88.274	62.436	45.528
0.9	86	0.0398	177.541	139.057	127.024	117.482	92.614	75.249
1.0	86	0.0398	202.64	172.867	163.557	156.175	136.935	123.501

20.8.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$					
		R_x=2	R_x=4	R_x=5	R_x=6	R_x=10	R_x= 15
0	0	1.039	0.89	0.793	0.706	0.469	0.333
0.1	7	11.433	9.794	8.727	7.765	5.157	3.661
0.2	15	20.563	16.75	14.422	12.319	6.476	2.891
0.3	19	32.732	28.52	25.533	22.768	14.882	9.937
0.4	23	42.45	36.587	32.355	28.359	16.372	8.068
0.5	29	58.833	55.467	51.504	47.536	34.894	25.644
0.6	34	68.904	64.876	59.851	54.67	37.023	22.445
0.7	45	92.979	97.476	95.032	91.834	78.91	67.043
0.8	55	101.19	106.047	102.983	98.904	81.295	62.96
0.9	70	139.409	164.934	169.797	172.645	176.399	176.657
1.0	137.07	139.409	164.934	169.797	172.645	176.399	176.657

20.9 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 149.62 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 3.6885 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y) R_x$ $m_i = 0.0143 (X_e)_i^{0.23}$

20.9.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$			
			R_x=2	R_x=5	R_x = 8	R_x = 11
0	21.51	0.0290	36.717	9.541	3.441	1.578
0.1	9	0.0237	36.717	9.541	3.441	1.578
0.2	10	0.0243	38.996	11.012	4.283	2.099
0.3	11	0.0248	42.978	13.715	5.908	3.158
0.4	11	0.0248	48.372	17.666	8.449	4.911
0.5	14	0.0262	55.066	23.08	12.249	7.747
0.6	17	0.0274	63.056	30.301	17.797	12.202
0.7	24	0.0297	72.426	39.869	25.916	19.297
0.8	29	0.0310	83.3	52.445	37.661	30.368
0.9	36	0.0326	95.875	69.025	54.805	47.96
1.0	44	0.0341	110.357	90.742	79.546	75.353

20.9.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$			
		R_x= 2	R_x=5	R_x=8	R_x= 11
0	0	0.514	0.365	0.249	0.221
0.1	1	5.657	4.017	2.735	2.436
0.2	3	10.137	6.411	3.507	2.282
0.3	4	16.333	11.866	7.946	6.77
0.4	5	21.23	14.867	8.902	6.266
0.5	5	29.832	24.78	18.439	16.929
0.6	6	35.023	28.602	19.821	16.15
0.7	9	47.935	47.467	40.753	41.817
0.8	12	52.235	51.219	42.296	40.931
0.9	14	73.011	87.972	88.448	102.883
1.0	79.63	73.011	87.972	88.448	102.883

20.10 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 27.5 ลิตร/ชม.

. $X_{เข้า}$ = 279.06 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 3.7276 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y)R_x$, $m_i = 0.0143 (X_e)_i^{0.23}$

20.10.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$			
			R_x = 2	R_x = 5	R_x =8	R_x = 11
0	43.39	0.0340	68.644	17.943	6.646	2.963
0.1	24	0.0297	68.644	17.943	6.649	2.963
0.2	26	0.0303	72.936	20.723	8.278	3.942
0.3	29	0.0310	80.424	25.823	11.149	5.934
0.4	32	0.0317	90.548	33.26	16.316	9.221
0.5	35	0.0324	103.095	43.434	23.626	14.54
0.6	39	0.0332	118.055	56.978	34.266	22.874
0.7	44	0.0341	135.584	74.914	49.83	36.165
0.8	48	0.0348	155.916	98.466	72.305	56.898
0.9	61	0.0368	179.426	129.516	105.121	89.902
1.0	75	0.0380	206.481	170.123	152.353	141.266.

20.10.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$			
		R_x = 2	R_x =5	R_x =8	R_x =11
0	0	1.047	0.743	0.514	0.392
0.1	6	11.518	8.177	5.651	4.313
0.2	12	20.65	13.177	7.372	4.101
0.3	15	33.247	24.186	16.506	12.055
0.4	18	43.223	30.377	18.67	11.244
0.5	24	60.689	50.451	38.295	30.191
0.6	28	71.265	58.341	41.418	28.894
0.7	38	97.471	96.545	84.576	74.669
0.8	50	106.258	104.35	88.124	73.244
0.9	63	148.432	178.856	183.512	184.08
1.0	157.78	148.432	178.856	183.512	184.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20.11 F_x = 20 ลิตร/ชม. , F_y = 25 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 122.60 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 3.7116, Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y)R_x$, $m_i = 0.0143(X_e)_i^{0.23}$

20.11.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$					
			R_x=2	R_x= 5	R_x=6	R_x=7	R_x=8	R_x=11
0	27.94	0.0308	30.178	7.903	5.528	3.98	2.933	1.309
0.1	18	0.0278	30.178	7.903	5.528	3.98	2.933	1.309
0.2	19	0.0281	32.058	9.123	6.549	4.833	3.649	1.74
0.3	21	0.0288	35.939	11.36	8.452	6.452	5.029	2.615
0.4	23	0.0294	39.777	14.623	11.291	8.921	7.178	4.06
0.5	25	0.0300	45.277	19.086	15.294	12.503	10.836	6.395
0.6	26	0.0303	51.835	25.024	20.791	17.57	15.052	10.05
0.7	29	0.0310	59.521	32.887	28.328	24.752	21.875	15.876
0.8	31	0.0315	68.435	43.21	38.566	34.819	31.723	24.959
0.9	33	0.0320	78.743	56.816	52.56	49.054	46.097	39.411
1.0	35	0.0324	90.615	74.623	71.519	68.962	66.806	61.929

20.11.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$					
		R_x=2	R_x=5	R_x=6	R_x=7	R_x=8	R_x=11
0	0	0.506	2.36	0.315	0.279	0.249	0.19
0.1	2	5.57	3.96	3.47	3.066	2.739	2.091
0.2	4	9.984	6.353	5.256	4.337	3.575	1.992
0.3	7	16.074	11.708	10.258	9.027	7.998	5.844
0.4	9	20.889	14.698	12.544	10.661	9.041	5.449
0.5	13	29.331	24.404	22.222	20.26	18.536	14.621
0.6	16	34.427	28.199	25.515	22.615	20.022	13.967
0.7	20	47.1	46.676	44.736	42.775	40.906	36.127
0.8	24	51.315	50.402	47.846	45.181	42.552	35.349
0.9	31	71.72	86.435	87.651	88.327	88.695	88.976
1.0	71.33	71.72	86.435	87.651	88.327	88.695	88.976

20.12 F_x = 20 ลิตร/ชม. F_y = 22.5 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 228.12 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 3.7166 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y) R_x$ $m_i = 0.0143(R_e)_i^{0.23}$

20.12.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$					
			R_x=2	R_x=4	R_x=5	R_x=6	R_x=8	R_x=11
0	53.74	0.0358	56.496	22.11	14.987	10.53	5.636	2.548
0.1	36	0.0326	56.496	22.11	14.987	10.53	5.636	2.548
0.2	45	0.0343	60.014	24.483	17.293	12.466	7.003	3.379
0.3	46	0.0345	66.147	29.766	21.515	16.068	9.631	5.062
0.4	46	0.0345	74.431	36.757	27.653	21.424	13.706	7.819
0.5	50	0.0352	84.691	46.011	36.035	28.959	19.775	12.268
0.6	53	0.0356	96.91	57.889	47.156	39.271	28.559	19.183
0.7	58	0.0364	111.215	73.011	61.853	53.383	41.373	30.177
0.8	62	0.0369	127.986	92.09	81.085	72.475	59.771	47.189
0.9	70	0.0380	146.927	116.23	106.391	98.521	86.565	74.191
1.0	78	0.0390	168.927	146.548	139.374	133.637	124.92	115.899

20.12.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$					
		R_x= 2	R_x=4	R_x=5	R_x=6	R_x=8	R_x=11
0	0	1.051	.858	0.75	0.657	0.516	0.388
0.1	10	11.356	9.438	8.248	7.223	5.674	4.266
0.2	19	20.74	15.948	13.354	11.1	7.627	4.337
0.3	21	33.322	227.78	24.401	21.399	16.681	12.126
0.4	24	43.337	35.639	30.8	26.39	19.199	11.795
0.5	29	60.731	55.43	50.747	46.254	38.612	30.411
0.60	34	71.331	64.909	58.88	52.899	42.231	29.86
0.7	45	97.374	100.094	96.747	92.782	84.9	74.979
0.8	57	106.164	100.978	104.758	99.631	88.955	74.395
0.9	60	148.032	173.938	178.54	181.088	183.296	183.911
1.0	150.54	148.032	173.938	178.54	181.088	183.296	183.911

20.13 F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

X เข้า = 155.72 มิลลิกรัม/ลิตร

R_x = 9 R_y = 3

Pe_y = 100 $m_i = 0.0143 (X_e)_i^{0.23}$

20.13.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$			
			Pe_x= 3	Pe_x= 1	Pe_x=.5	Pe_x=.1
0	15.41	.0268	2.393	7.862	11.148	15.96
0.1	8	.0231	2.393	7.862	11.148	15.96
0.2	11	.0248	3.102	8.531	11.633	16.102
0.3	11	.0248	4.495	9.856	12.598	16.385
0.4	12	.0253	6.746	11.883	14.058	16.808
0.5	13	.0258	10.244	14.713	16.047	17.373
0.6	13	.0258	15.583	18.499	18.622	18.082
0.7	16	.0270	23.752	23.47	21.862	18.939
0.8	19	.0281	36.16	29.914	25.867	19.948
0.9	25	.030	55.111	38.235	30.77	21.117
1.0	30	.0313	83.857	48.916	36.72	22.449

20.13.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$			
		Pe_x=3	Pe_x=1	Pe_x=.5	Pe_x=.1
0	0	.115	0.261	.353	.49
0.1	1.5	1.27	2.868	3.883	5.395
0.2	3	1.311	4.804	6.882	9.915
0.3	3.5	3.552	8.208	10.981	15.027
0.4	4	3.495	10.342	14.077	19.369
0.5	4.5	8.573	15.858	19.709	25.094
0.6	5	8.474	18.311	22.914	29.05
0.7	6	20.146	28.151	31.629	36.115
0.8	8	20.043	30.424	34.313	38.99
0.9	14	46.896	48.809	48.964	48.816
1.0	21	46.896	48.809	48.964	48.816

20.14 F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

$X_{เข้า}$ = 155.72 มิลลิกรัม/ลิตร

Pe_x = 0.5 Pe_y = 100

$R_y = (F_x/F_y)R_x$ $m_i = 0.0143 (X_e)_i^{0.23}$

20.14.1 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำ (X)

Z	$(X_e)_i$	m_i	$(X_{th})_i$			
			R_x=3	R_x=6	R_x=9	R_x=15
0	15.41	.0268	36.791	18.3	11.148	5.363
0.1	8	.0231	36.791	18.3	11.148	5.363
0.2	11	.0248	37.328	18.833	11.633	5.75
0.3	11	.0248	38.382	19.885	12.598	6.529
0.4	12	.0253	39.943	21.46	14.058	7.732
0.5	13	.0258	42.006	23.575	16.047	9.42
0.6	13	.0258	44.575	26.26	18.862	11.682
0.7	16	.0270	47.663	29.566	21.862	14.652
0.8	19	.0281	51.287	33.55	25.867	18.49
0.9	25	.030	55.471	38.293	30.77	23.427
1.0	30	.0313	60.244	43.885	36.72	29.727

20.14.2 ความเข้มข้นทางทฤษฎีของไอโอดีนในน้ำมันก๊าด (Y)

Z	$(Y_e)_i$	$(Y_{th})_i$			
		R_x=3	R_x=6	R_x=9	R_x= 15
0	0	.38	.382	.353	.291
0.1	1.5	4.185	4.203	3.883	3.197
0.2	3	7.652	7.573	6.882	5.45
0.3	3.5	11.737	11.841	10.981	9.089
0.4	4	15.132	15.235	14.077	11.51
0.5	4.5	19.93	20.681	19.709	17.179
0.6	5	23.106	24.032	22.914	19.896
0.7	6	29.336	31.826	31.629	29.783
0.8	8	31.708	34.489	34.313	32.262
0.9	14	40.75	46.785	48.964	50.522
1.0	44.63	40.749	46.785	48.964	50.522

วิธีของ Mecklenburgh และ Hartland (16)

จากแบบจำลองดิฟิวชั่น ได้สมการดังนี้

$$\frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{d^2X}{dZ^2} + \frac{dX}{dZ} + R_x (X^* - X) = 0 \qquad (ค.1)$$

$$\frac{1}{Pe_y} \cdot \frac{d^2Y}{dZ^2} - \frac{dY}{dZ} - R_y(X^*-X) = 0 \qquad (ค.2)$$

ทั้งสองสมการมีเงื่อนไขคือ

$$ที่ \quad Z = 0; \quad Y_{เข้า} = Y(0) - \frac{1}{Pe_y} \cdot \frac{dY(0)}{dZ} \quad ; \quad \frac{dX(0)}{dZ} = 0$$

$$ที่ \quad Z = 1; \quad X_{เข้า} = X(1) + \frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{dX(1)}{dZ} \quad ; \quad \frac{dY(1)}{dZ} = 0$$

$$จาก \ ค.1, \ \frac{d}{dZ}\left[\frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{dX}{dZ} + X\right] = - R_x(X^* - X)$$

จากนั้นทำการอินติเกรชัน (integration) จะได้

$$\left[\frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{dX}{dZ} + X\right]_Z^1 = - R_x \int_Z^1 (X^* - X)\, dZ$$

จากเงื่อนไขที่กำหนด จะได้สมการดังนี้

$$\frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{dX(1)}{dZ} - \frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{dX}{dZ} + X(1) - X = - R_x \int_Z^1 (X^* - X)dZ$$

$$X_{เข้า} - X(1) - \frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{dX}{dZ} + X(1) - X = - R_x \int_Z^1 (X^* - X)dZ$$

$$- \frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{dX}{dZ} = - (X_{เข้า} - X) - R_x \int_Z^1 (X^* - X)dZ$$

$$\frac{dX/dZ}{(X_{เข้า} - X)} = Pe_x + \frac{R_x Pe_x}{(X_{เข้า} - X)} \int_Z^1 (X^* - X)dZ \qquad (ค.3)$$

ในทำนองเดียวกันจะได้

$$\frac{dY/dZ}{(Y_{เข้า} - Y)} = - Pe_y + \frac{R_y \cdot Pe_y}{(Y_{เข้า} - Y)} \int_0^Z (X^* - X)dZ \qquad (ค.4)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ $R_x = NTU_x$ และ $R_y = NTU_x(F_x/F_y) = NTU_y$

จากความชันและความยาวของแกน Y จากจุดศูนย์ถึงจุดตัดของกราฟ (intercept) ของลำการ ค.3 และ ค.4 จะหา Pe_x, Pe_y, NTU_x, และ NTU_y ได้

ตัวอย่างการคำนวณ

F_x = 10 ลิตร/ชม. F_y = 30 ลิตร/ชม.

X เข้า = 155.72 มิลลิกรัม/ลิตร

Z (เมตร)	Y (มก./ลิตร)	X (มก./ลิตร)	$(X_{เข้า} - X)$	$\frac{dX/dZ}{(X_{เข้า} - X)}$	$(X^* - X)$	$\frac{1}{(X_{เข้า}-X)}\int_Z^1 (X^*-X)$
0	0	15.41	140.31	0	-15.41	-0.1084
0.2	2.57	10.92	144.8	-0.1550	-10.83	-0.0869
0.4	3.86	11.56	144.16	0.0044	-11.43	-0.0719
0.6	4.50	13.00	142.72	0.0504	-12.85	-0.0556
0.8	8.35	19.27	136.45	0.1198	-18.99	-0.0348
1.0	44.63	30.0	125.72	0.4267	-28.51	0

$\bar{Y}$=0.0744 $\bar{X}$=-0.0596

แกน Y คือ $\frac{d_x/d_z}{(X_{เข้า} - X)}$ และแกน X คือ $\frac{1}{(X_{เข้า} - X)} \int_Z^1 (X^* - X)\, dZ$

โดยอาศัยหลักของลีล่สแควร์(least square)เราสามารถคำนวณความชันและความยาว ของแกน Y จากจุดศูนย์ถึงจุดตัดของกราฟ ได้จากสมการข้างล่างนี้คือ

$$Y = a + b(X - \bar{X})$$

โดยที่ $$a = \frac{\sum^{n_i} Y_i}{n_i} = \bar{Y}$$

$$b = \frac{\sum^{n_i} X_i Y_i - (\sum^{n_i} X_i)(\sum^{n_i} Y_i)/n_i}{\sum^{n_i} X_i^2 - (\sum^{n_i} X_i)^2/n_i}$$

จะได้ $a = 0.0744$

$b = 4.3808$

เมื่อ X = 0 ทำให้ $Y = Pe_x$ ดังนั้นจะได้

$$Pe_X = 0.0744 + 4.3808\,(0.0596) = 0.3355$$

เนื่องจาก $b = (Pe_X)(NTU_X)$

ดังนั้น $(NTU_X) = \frac{4.3808}{0.3355} = 13.0576$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

การแก้สมการแบบจำลองดิฟิวชั่น

(กรณีเส้นอีควิลิเบรียมเป็นเส้นโค้ง)

จากแบบจำลองดิฟิวชั่นจะได้สมการดังนี้คือ

$$\frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{d^2X}{dz^2} + \frac{dX}{dz} - R_x (X - X^*) = 0 \qquad (ง.1)$$

$$\frac{1}{Pe_y} \cdot \frac{d^2Y}{dz^2} - \frac{dY}{dz} + R_y (X - X^*) = 0 \qquad (ง.2)$$

โดยที่ $$d^2X/dZ^2 = (X_{n+1} - 2X_n + X_{n-1})/\Delta z^2 \qquad (ง.3)$$

$$d^2Y/dZ^2 = (Y_{n+1} - 2Y_n + Y_{n-1})/\Delta z^2 \qquad (ง.4)$$

$$dX/dZ = (X_{n+1} - X_{n-1})/2\Delta z \qquad (ง.5)$$

$$dY/dZ = (Y_{n+1} - Yn-1)/2\Delta z \qquad (ง.6)$$

ในที่สุดจะได้ $$\left(\frac{1}{Pe_x} - \frac{\Delta z}{2}\right) X_{n-1} + \left(-\frac{2}{Pe_x} - R_x \Delta z^2\right) X_n$$

$$+ \left(\frac{1}{Pe_x} + \frac{\Delta z}{2}\right) X_{n+1} + \Delta z^2 m_n R_x Y_n = 0 \qquad (ง.7)$$

$$- \left(\frac{1}{Pe_y} + \frac{\Delta z}{2}\right) Y_{n-1} + \left(-\frac{2}{Pe_y} - R_y \Delta z^2 m_n\right) Y_n$$

$$+ \left(\frac{1}{(Pe)_y} - \frac{\Delta z}{2}\right) Y_{n+1} + \Delta z^2 R_y X_n = 0 \qquad (ง.8)$$

เมื่อ $z = 0$, $dX(o)/dz = 0$ (ง.9)

$$Y_{เข้า} = Y(o)^+ - \frac{1}{Pe_y} \frac{dY(o)^+}{dz} \qquad (ง.10)$$

เมื่อ $z = 1$ $\frac{dY(1)}{dz} = 0$ (ง.11)

$$X_{เข้า} = X(1)^- + \frac{1}{Pe_X} \frac{dX}{dz}(1)^- \qquad (ง.12)$$

จากสมการที่ ง.9 และ ง.10 จะได้ว่า

$$X_o = X_1 \qquad (ง.13)$$

$$Y_{เข้า} = \left(1 + \frac{1}{Pe_y} \cdot \frac{1}{\Delta z}\right) Y_o + \left(-\frac{1}{Pe_y} \cdot \frac{1}{\Delta z}\right) Y_1 \qquad (ง.14)$$

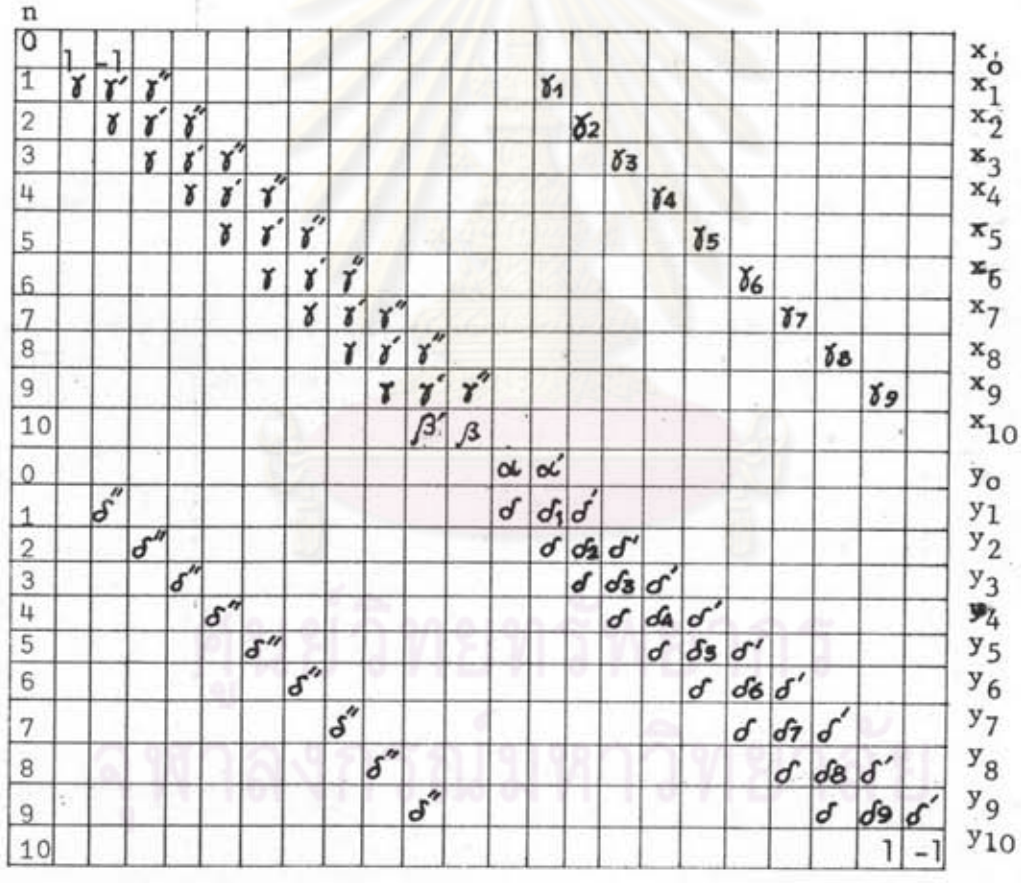
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสมการที่ ง.11 และ ง.12 จะได้ว่า

$$Y_n = Y_{n-1} \qquad (ง.15)$$

$$X_{เข้า} = \left(-\frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{1}{\Delta z} \right) X_{n-1} + \left(1 + \frac{1}{Pe_x} \cdot \frac{1}{\Delta z} \right) X_n \qquad (ง.16)$$

การแก้สมการ ง.7, ง.8 และ ง.13 ถึง ง.16 เพื่อให้ได้ค่า X_i, Y_i ตั้งแต่ $i = 0$ ถึง $i = n$ จะต้องแก้เมตริกส์ (matrix) ขนาด $(2n + 2) \times (2n + 2)$ ดังแสดงในตารางที่ 21 โดย m_n เป็นฟังชั่น(function) ของ X ซึ่งจะต้องทราบค่าแนวความเข้มข้นตามความยาวในคอลัมน์ของเฟส X ซึ่งสามารถหาได้จากการทดลอง หลังจากนั้นก็ทำการออปติไมส์ (โดยค่า R_y, Pe_x, Pe_y ทราบอยู่แล้ว) หา R_x ที่เหมาะสมให้เส้นแนวความเข้มข้นของเฟสทั้งสองที่ได้จากการคำนวณตรงกับค่าทดลองพอสมควร



ตารางที่ 21 เมตริกส์ที่สอดคล้องกับสมการ ง.7, ง.8 และ ง.13 ถึง ง.16 สำหรับ $n = 10$

$$1 + (1/Pe_y \Delta \bar{z}) = \alpha \quad , \quad -(1/Pe_y \Delta \bar{z}) = \alpha'$$

$$-(1/Pe_x \Delta \bar{z}) = \beta' \quad , \quad 1 + (1/Pe_x \Delta \bar{z}) = \beta$$

$$(1/Pe_x) - (\Delta \bar{z}/2) = \gamma \quad , \quad -(2/Pe_x) - R_x \Delta \bar{z}^2 = \gamma'$$

$$(1/Pe_x) + (\Delta \bar{z}/2) = \gamma'' \quad , \quad \Delta \bar{z}^2 m_n R_x = \gamma_n$$

$$(1/Pe_y) + (\Delta \bar{z}/2) = \delta \quad , \quad -(2/Pe_y) - R_y \Delta \bar{z}^2 m_n = \delta_n$$

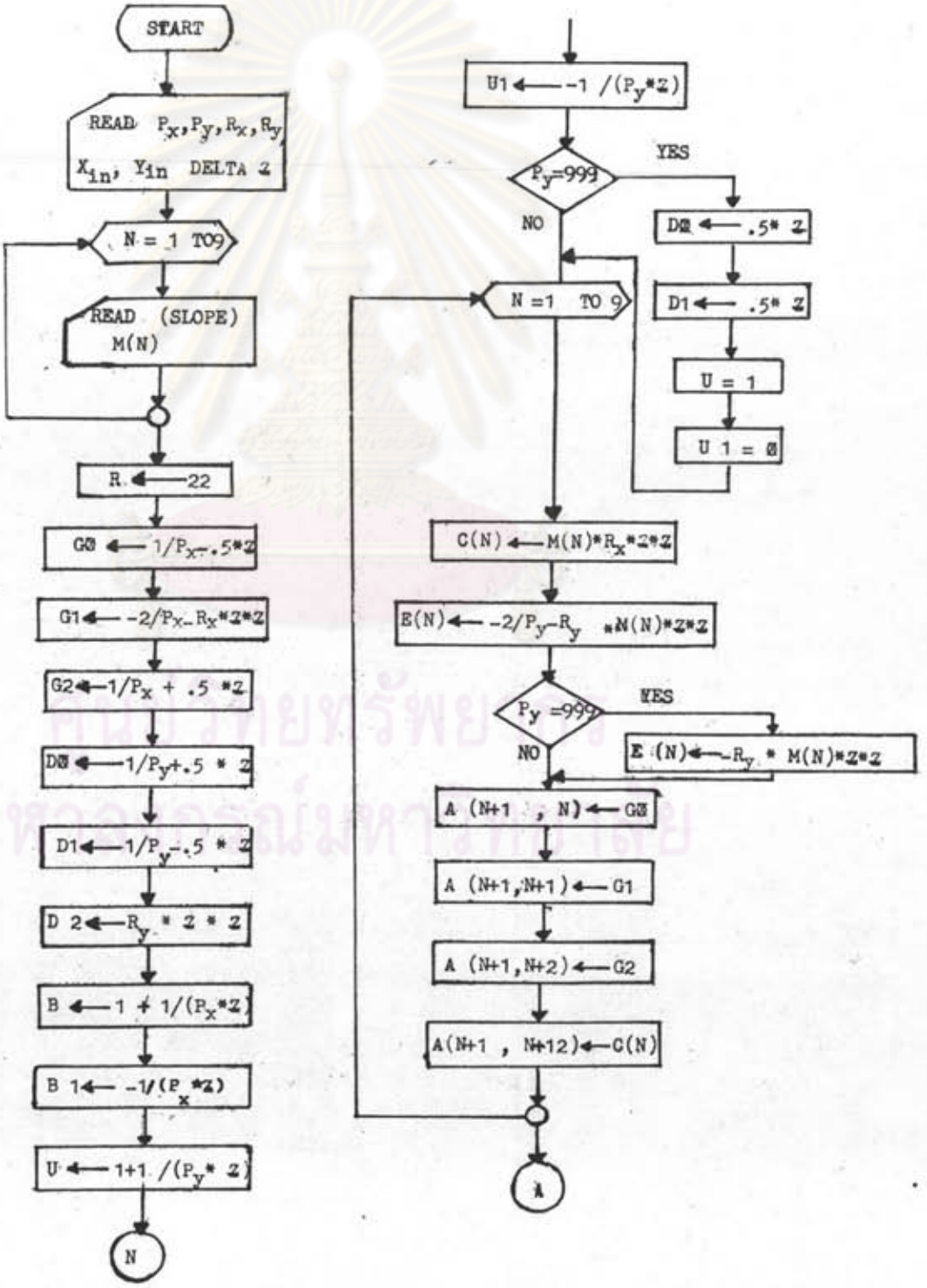
$$(1/Pe_y) - (\Delta \bar{z}/2) = \delta' \quad , \quad \Delta \bar{z}^2 R_y = \delta''$$

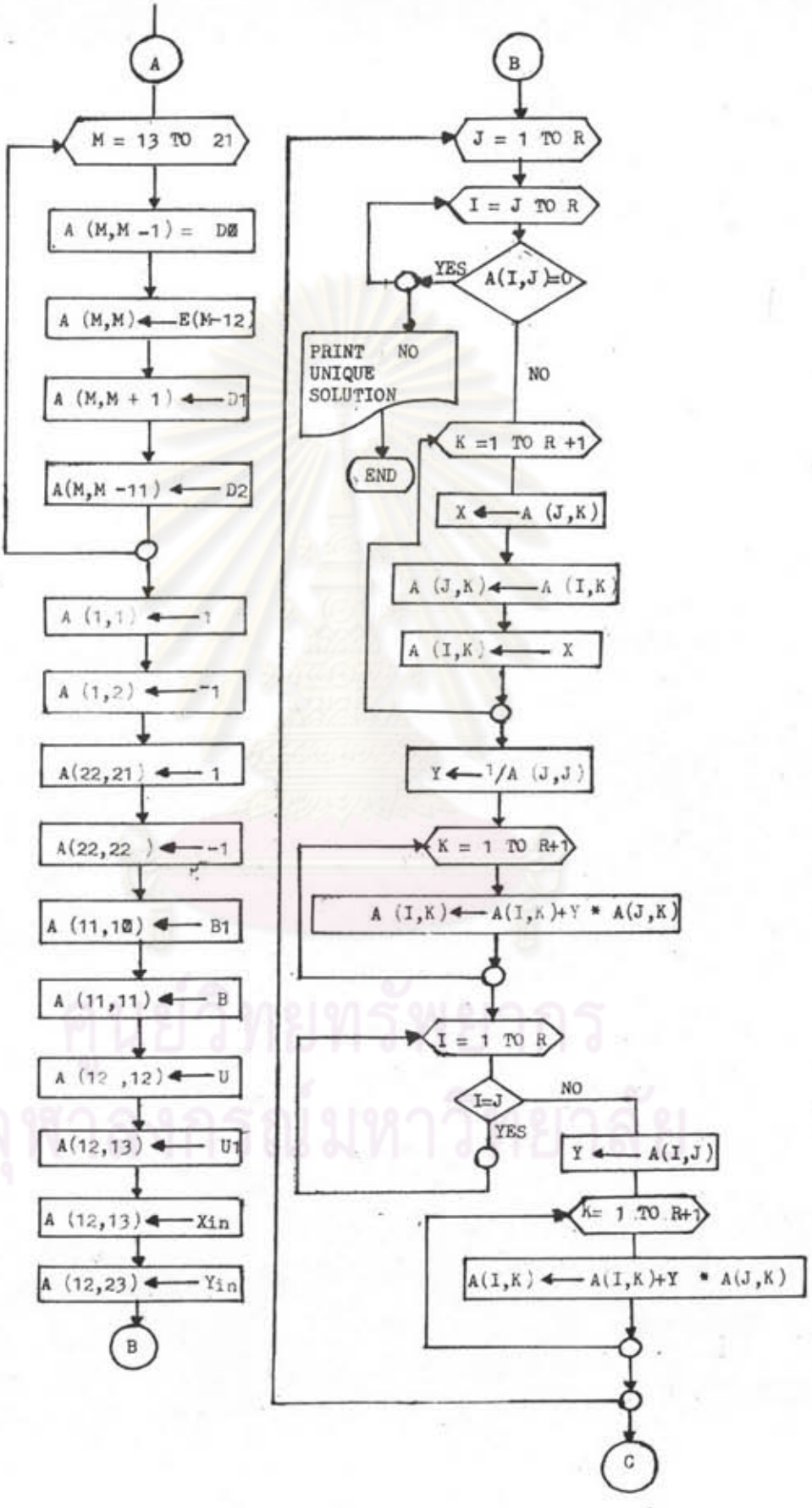
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

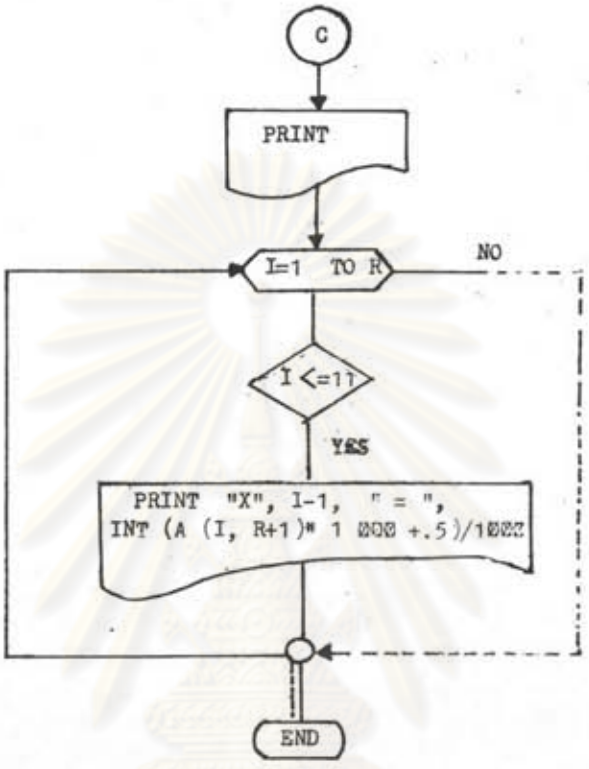
ภาคผนวก จ.

แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

สำหรับแก้สมการแบบจำลองดิฟิวชั่นกรณีเส้นอีครีลีเบรียม เป็นเส้นโค้ง




A
M = 13 TO 21
A (M,M -1) = DØ
A (M,M) ← E(M-12)
A (M,M + 1) ← D1
A(M,M -11) ← D2
A (1,1) ← 1
A (1,2) ← -1
A(22,21) ← 1
A(22,22) ← -1
A (11,1Ø) ← B1
A (11,11) ← B
A (12 ,12) ← U
A(12,13) ← U1
A (12,13) ← Xin
A (12,23) ← Yin
B
B
J = 1 TO R
I = J TO R
YES
A(I,J)=0
NO
PRINT NO UNIQUE SOLUTION
END
K =1 TO R +1
X ← A (J,K)
A (J,K) ← A (I,K)
A (I,K) ← X
Y ← 1/A (J,J)
K = 1 TO R+1
A (I,K) ← A(I,K)+Y * A(J,K)
I = 1 TO R
I=J
NO
YES
Y ← A(I,J)
K= 1 TO R+1
A(I,K) ← A(I,K)+Y * A(J,K)
C



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

สำหรับคำนวณความเข้มข้นของไอโอดีนในเฟสทั้งสอง

```
10   CLS
20   DIM        C(18), E(18), M(18), A(25,25)
50   PRINT      "Px  =  ";  : INPUT Px
60   PRINT
70   PRINT      "Py  =  ";  : INPUT Py
80   PRINT
90   PRINT      "Rx  =  ";  : INPUT Rx
100  PRINT
110  PRINT      "Ry  =  ";  : INPUT Ry
120  PRINT
130  PRINT      "Xin =  ";  : INPUT XI
140  PRINT
150  PRINT      "Yin =  ";  : INPUT YI
160  PRINT
170  PRINT      "DELTA Z  =   ";  : INPUT Z
180  PRINT
190  FOR        N  =  1  TO  9
200  PRINT      " M " ;  N; "  -  "; : input M(N)
210  PRINT
220  NEXT       N
230  R          =   22
240  G 0        =  (1/Px)  -  .5 * Z
250  G 1        = -2/Px  -  Rx * Z ^ 2
260  G 2        = 1/Px   +  .5 * Z
```

```
270  D Ø          = 1/Py + .5 * Z
280  D 1          = 1/Py - .5 * Z
290  D 2          = Ry * Z ∧ 2
300  B            = 1 + 1/(Px * Z )
310  B 1          = - 1/(Px * Z)
320  U            = 1 + 1/(Py * Z)
330  U1           = -1/(Py * Z)
340  IF  Py < > 999 THEN  370
350  D Ø          = .5 * Z : D 1 = - .5 * Z
360  U            = 1 : U1 =  Ø
370  FOR N = 1 TO 9
380  C(N)         = M(N) * Rx * Z ∧ 2
390  E(N)         = - 2 /Py - Ry * M(N) * Z ∧ 2
400  IF Py        = 999 THEN E(N) = - Ry  * M(N) * Z ∧ 2
410  A (N + 1, N) = G Ø : A (N + 1, N + 1)  = G1
420  A (N + 1, N + 2)  = G 2 : A (N + 1, N +12)   =  C(N)
430  NEXT  N
440  FOR   M  =  13  TO   21
450  A (M,M - 1)  =  D Ø : A (M,M)  =  E (M - 12)
460  A (M, M + 1)  = D 1 : A (M, M - 11)   =  D 2
470  NEXT  M
480  A (1, 1)     = 1 : A (1, 2 )        = - 1
490  A (22, 21)    = 1 : A (22,22)        = -1
500  A (11, 10)    = B1 : A (11, 11)      = B
510  A (12,12)     = U  : A (12,13)       = U 1
520  A (12, 23)    = XI : A (12,23)       = YI
530  FOR J         =  1 TO R
540  FOR I         =  J  TO  R
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
550   IF A (I,J) < > 0 THEN 590
560   NEXT I
570   PRINT " NO UNIQUE SOLUTION"
580   GO TO 810
590   FOR K    = 1 TO R + 1
600   X        = A (J,K)
610   A (J,K)  = A (I,K)
620   A(I,K)   = X
630   NEXT K
640   Y        = 1/A (J,J)
650   FOR K = 1 TO R + 1
660   A (I,K)  = A(I,K) + Y * A(J,K)
670   NEXT K
680   FOR I = 1 TO R
690   IF I = J THEN 740
700   Y        = - A (I,J)
710   FOR K    = 1 TO R + 1
720   A (I,K)  = A (I,K) + Y * A(J,K)
730   NEXT K
740   NEXT I
750   NEXT J
760   PRINT
770   FOR I = 1 TO R
780   IF I <= 11 THEN PRINT " X "
      ; I - 1; " = " ; INT(A (I, R + 1) * 1000 + .5)/1000
      : GO TO 800
790   PRINT " Y " ; I - 12 ; " = " ; INT
      (A (I, R+1) * 1000 + .5)/1000
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
800   NEXT  I
810   END
```

หมายเหตุ

G0= γ , G1 = γ' , G2 = γ'', GN = γ_n
D0= δ , D1 = δ' , D2 = δ'', DN = σ_n
B = β , B1 = β' , U = α , U1 = α'

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจารุณี ไกรแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน 2500 จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขา เคมี จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2520 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งนักนิวเคลียร์เคมี 4 โครงการพัฒนาวัสดุนิวเคลียร์ กองเคมี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย