



บทที่ 3

วิธีการคำนวณและผลของการคำนวณ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเอาทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน พวก ทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน 3 พวก และทฤษฎีเฟอร์มีเอจ มาใช้คำนวณหาเทอร์มาล - พลักซ์ ณ จุดที่วางตัวกำเนิดนิวตรอน พลังงาน 5 MeV ความแรง 10^6 นิวตรอนต่อวินาที ในตัวกลางของผสมที่มีลักษณะคล้ายหิน คือ SiO_2 ที่มีความหนาแน่น 1.4 และ 1.7 กรัม ต่อ ลบ.ซม. ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในของผสม ระหว่าง SiO_2 และน้ำแปรเปลี่ยนจาก 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 กรัม ต่อ ลบ.ซม. โดยการใช้ค่าความยาวของการฟุ้งของนิวตรอนเร็ว และความยาวของการฟุ้ง ของเทอร์มาลนิวตรอนต่างกัน ตามลักษณะของของผสม เมื่อนิวตรอนเร็วออกจากจุดกำเนิดแล้วผ่านไปในตัวกลางที่มีขนาดอนันต์ จนกลายเป็นเทอร์มาลนิวตรอน คำนวณหา พลักซ์ของเทอร์มาลนิวตรอน ณ ตำแหน่งที่วางตัวกำเนิดนิวตรอน คือ ที่ระยะทาง = 0 จะได้ค่าเทอร์มาลพลักซ์ต่าง ๆ กันตามปริมาณน้ำ และความหนาแน่นของ SiO_2 นอกจากนี้ยังได้ใช้ทฤษฎีทั้งสามทดสอบผลการทดลองที่มีผู้ทำไว้ โดยมีตัวกำเนิดนิวตรอนพลังงาน 5 MeV มีความแรง 1.3×10^6 นิวตรอนต่อวินาที วางอยู่ในน้ำ - เปลาที่ระยะ 2.5 และ 10.5 ซม. เพื่ออาศัยผลการทดลองช่วยชี้ว่าทฤษฎีใดน่าจะถูกต้องกว่า ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.7

3.1 วิธีคำนวณหาค่า L

จากสมการ (2.34)

$$L^2 = \frac{\lambda_a \lambda_s}{3(1 - \bar{\mu})}$$

$$\lambda_a = \frac{1}{\Sigma_a}, \quad \lambda_s = \frac{1}{\Sigma_s}$$

สำหรับของผสมระหว่าง SiO_2 กับน้ำ

$$\Sigma_a = \Sigma_i N_i \sigma_a^i, \quad \Sigma_s = \Sigma_i N_i \sigma_s^i$$

เมื่อ N_i เป็นจำนวนนิวเคลียสของธาตุที่ i และ

σ_a^i คือภาคตัดขวางสำหรับการดูดกลืนเทอร์มาลนิวตรอนของธาตุที่ i

σ_s^i คือภาคตัดขวางสำหรับการกระเจิงเทอร์มาลนิวตรอนของธาตุที่ i

ค่า σ_a, σ_s ได้มาจากหนังสืออ้างอิง¹⁴

3.2 วิธีคำนวณหาค่า L_f (กรณีที่ใช้กับทฤษฎีการพุ่งของนิวตรอน 2 พวก และทฤษฎีเฟอร์มิเอจ)

จากสมการ (2.46)

$$L_f^2 = \frac{N^{\text{fast}} \lambda^2}{3(1-\bar{\mu})s}$$

$$\text{เมื่อ } N^{\text{fast}} = \frac{\ln \frac{E_i}{E_f}}{\epsilon}$$

¹⁴ Glasstone and Sesonske, Nuclear Reactor Engineering

กำหนดให้พลังงานของนิวตรอนที่ออกมาจากต้นกำเนิดมีค่า 5 MeV พลังงานลดลงเป็น $E_2 = \frac{E_1}{e} = 1.86 \text{ MeV}$, $E_3 = \frac{E_2}{e} = 0.68 \text{ MeV}$, $E_4 = \frac{E_3}{e} = 0.25 \text{ MeV}$ ต่อจากนี้จะลดลงอีก 12 ครั้ง เพื่อเป็นนิวตรอนพลังงานประมาณ 0.025eV โดยถือว่าพลังงาน 0, $L_f^2 = 0$ หากค่าเฉลี่ยจาก L_f^2 เมื่อพลังงาน E_4 กับเมื่อ $E = 0$ นำ L_f^2 ทุกค่าที่หามาได้รวมกัน, หา L_f เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ

- ๕ เป็นค่าที่ได้จากหนังสืออ้างอิง¹⁵
 ๘ เป็นค่าที่ได้จากหนังสืออ้างอิง¹⁶ ดังตารางที่ 3.1

¹⁵Ibid

¹⁶Robert J. Howerton, Tabulated Neutron Cross Sections, Part 1 Volume 1, (Livermore, California, 1959)

พลังงาน (MeV)	ภาคตัดขวางสำหรับการกระเจิง		
	$\sigma_g \times 10^{-24} \text{ ซม}^2$		
	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	ซิลิคอน
5	1.63	1.05	2.4
1.86	3.0	2.1	5.65
0.68	5.3	2.8	2.8
0.25	9.12	3.6	5.5

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าภาคตัดขวางจุดภาค สำหรับการกระเจิง (σ_g)
ของนิวตรอนเมื่อมีพลังงานต่าง ๆ กัน

3.3 วิธีคำนวณหาค่า L_F (กรณีที่ใช้กับทฤษฎีการพังของนิวตรอน 3 พวก)

จากสมการ (2.53)

$$L_1^2 = \sum_{i=1}^3 \frac{\ln \left(\frac{E_{up,i}}{E_{low,i}} \right)}{3 (\xi \Sigma_s)_i (\Sigma_s (1-\bar{\mu}))_i}$$

$$L_2^2 = \sum_{i=4}^7 \frac{\ln \left(\frac{E_{up,i}}{E_{low,i}} \right)}{3 (\xi \Sigma_s) (\Sigma_s (1-\bar{\mu}))_i}$$

$\bar{\mu}$ คือ ค่าเฉลี่ยของมุมกระเจิง

นำค่า $\xi \Sigma_s$ และ $\sigma_s (1-\bar{\mu})$ จากตารางที่ 3.2

คำนวณหาค่า L, L_F, L_1, L_2 ได้แสดงไว้ดังตามตาราง

ที่ 3.3

กลุ่มที่	พลังงานเริ่มต้น (MeV)	พลังงานที่ต่ำลงมา (MeV)	ภาคตัดขวาง cm^{-2}	H	O	Si
1	4.5	4.0	$\sigma_s (1-\bar{\mu})$	0.460	1.559	1.736
			$\xi \sigma_s$	1.271	0.1952	0.1236
2	4.0	3.0	$\sigma_s (1-\bar{\mu})$	0.523	1.752	1.667
			$\xi \sigma_s$	1.446	0.219	0.1137
3	3.0	2.0	$\sigma_s (1-\bar{\mu})$	0.672	0.468	2.21
			$\xi \sigma_s$	1.883	0.0585	0.1578
4	2.0	1.0	$\sigma_s (1-\bar{\mu})$	1.015	2.06	2.10
			$\xi \sigma_s$	2.94	0.258	0.1492
5	1.0	0.1	$\sigma_s (1-\bar{\mu})$	2.30	3.14	1.147
			$\xi \sigma_s$	6.82	0.394	0.0817
6	0.1	1.44	$\sigma_s (1-\bar{\mu})$	6.41	3.54	2.024
			$\xi \sigma_s$	19.22	0.443	0.1442
7	1.44 eV	0.025 eV	$\sigma_s (1-\bar{\mu})$	7.12	3.64	2.20
			$\xi \sigma_s$	20.0	0.456	0.157

ตารางที่ 3.2 แสดงภาคตัดขวางที่ทำให้นิวตรอนวิ่งช้าลง (Slowing -
down Cross section) โดยแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม
เริ่มต้นจากพลังงาน 4.5 MeV จนถึงประมาณ 0.025
eV¹⁷

¹⁷Ølgaard, On The Theory of The Neutronic Method for
Measuring the Water Content in Soil, (January 1965) 2. p. 16

ความหนาแน่นของ SiO_2 กรัม/ซม ³	ปริมาณน้ำ กรัม/ซม ³	L	L_F	L_1	L_2
1.4	0	32.9	46.1	34.8	59.7
	0.05	20.6	29.8	20.5	26.6
	0.1	15.0	23.3	16.0	19.1
	0.2	9.81	16.9	11.7	12.7
	0.4	5.77	11.7	7.90	7.93
	0.6	4.09	8.78	6.06	5.82
1.7	0	27.1	37.9	26.6	49.3
	0.05	18.2	25.9	17.9	23.8
	0.1	13.7	20.3	14.2	17.4
	0.2	9.21	15.3	10.6	11.8
	0.4	5.56	10.5	7.31	7.57
	0.6	3.98	8.23	5.69	5.57

ตารางที่ 3.3 แสดงค่า L, L_F (ใช้ในทฤษฎีการพุ่งของนิวตรอน 2 พาก และเฟอร์มิเอจ) และ L_1, L_2 (ใช้ในทฤษฎีการพุ่งของนิวตรอน 3 พาก)

3.4 วิธีหาค่าเทอร์มอลฟลักซ์จากทฤษฎี

3.4.1 ทฤษฎีการพังของนิวตรอน 2 พวก

จากสมการ (2.9)

$$\phi(0) = \frac{s \cdot K_f^2}{4 \pi D(K+K_f)}$$

$$K_f = \frac{1}{L_f}, \quad D = \frac{\epsilon_a \cdot L^2}{4}$$

โดยการแทนค่า L , L_f , D จากตารางที่ 3.3 และ $s = 10^6$ นิวตรอน/วินาที จะหาค่าเทอร์มอลฟลักซ์ที่ $r = 0$ ได้, เปลี่ยนค่าความหนาแน่น s_{10_2} จาก 1.4 กรัม/ซม³ เป็น 1.7 กรัม/ซม³, โดยเพิ่มปริมาณน้ำจาก 0 กรัม/ซม³ เป็น 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 กรัม/ซม³ ทั้งสองความหนาแน่นของ s_{10_2} ผลของเทอร์มอลฟลักซ์ที่คำนวณได้ แสดงไว้ในตารางที่ 3.4

จากสมการ (2.7)

$$\phi(r) = \frac{s K_f^2}{4 \pi D(K^2 - K_f^2)} \left(e^{-K_f r} - e^{-Kr} \right)$$

หาค่าเทอร์มอลฟลักซ์ที่ตำแหน่ง (r) ต่าง ๆ กัน จาก 2, 5, 10, 20, 30, 40 ซม. โดยใช้ s_{10_2} ความหนาแน่น 1.4 กรัม/ซม³, ปริมาณน้ำผสมอยู่ 0.2 กรัม/ซม³ จะได้อาค่าเทอร์มอลฟลักซ์ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.5

3.4.2 ทฤษฎีการพุ่งของนิวตรอน 3 พวก

จากสมการ (2.16)

$$\phi(0) = \frac{S}{4\pi D} \frac{K_1^2 \cdot K_2^2}{K_2^2 - K_1^2} \left[\frac{1}{K + K_1} - \frac{1}{K + K_2} \right]$$

แทนค่า K_1, K_2 จากตารางที่ 3.3 โดยให้ $K_1 = \frac{1}{L_1}$ และ $K_2 = \frac{1}{L_2}$

และ $D = \Sigma_a L^2$ จะหาค่าเทอร์มาลฟลักซ์ที่ตำแหน่ง $r = 0$ ได้ เปลี่ยนค่าความหนาแน่น S_{SiO_2} จาก 1.4 กรัม/ซม³ เป็น 1.7 กรัม/ซม³ โดยเปลี่ยนปริมาณน้ำจาก 0 กรัม/ซม³ เป็น 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 กรัม/ซม³ ทั้งสองความหนาแน่นของ S_{SiO_2} ผลของเทอร์มาลฟลักซ์ที่คำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4

ใช้สมการ (2.15)

$$\phi(r) = \frac{S}{4\pi D r} \frac{K_1^2 \cdot K_2^2}{K_2^2 - K_1^2} \left[\frac{1}{K^2 - K_1^2} \left(e^{-K \cdot r} - e^{-Kr} \right) - \frac{1}{K^2 - K_2^2} \left(e^{-K_2 r} - e^{-Kr} \right) \right]$$

หาค่าเทอร์มาลฟลักซ์ที่ตำแหน่ง (r) ต่าง ๆ กัน จาก 2, 5, 10, 20, 30, 40 ซม. โดยใช้ S_{SiO_2} ความหนาแน่น 1.4 กรัม/ซม³ ปริมาณน้ำผสมอยู่ 0.2 กรัม/ซม³ จะได้อ่าเทอร์มาลฟลักซ์ ดังแสดงไว้ในตารางที่

3.5

3.4.3 ทฤษฎีเฟอร์มิเอจ

จากสมการ (2.32)

$$\phi_{pt}(0, \tau) = \frac{S}{4\pi D} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi\tau}} - e^{K^2\tau} \cdot K(1 - \text{erf}K\sqrt{\tau}) \right]$$

K และ D เป็นค่าเดียวกับที่ใช้ในหัวข้อ 3.4.1, τ หาได้โดยอาศัยค่า L_f^2 ที่คำนวณมาแล้วจากตารางที่ 3.3 เป็นค่าเอจของนิวตรอนที่ออกมาจากตัวกำเนิดนิวตรอนที่มีพลังงาน 5 MeV จนเป็นเทอร์มอลนิวตรอน

$$\tau = L_f^2$$

โดยการแทนค่าคงที่ต่าง ๆ ลงในสมการ จะหาเทอร์มอลฟลักซ์สำหรับส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำปนอยู่ต่าง ๆ กัน เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.4.1 และ 3.4.2

หาค่าเทอร์มอลฟลักซ์ที่ระยะ r ต่าง ๆ กัน จาก, 2, 5, 10, 30, 40 ซม โดยใช้สมการ (2.31) คือ

$$\phi_{pt}(r, \tau) = \frac{S}{8\pi Dr} e^{K^2\tau} \left\{ e^{-Kr} \left[1 + \text{erf}\left(\frac{r}{2\sqrt{\tau}} - K\sqrt{\tau}\right) \right] - e^{-Kr} \left[1 - \text{erf}\left(\frac{r}{2\sqrt{\tau}} + K\sqrt{\tau}\right) \right] \right\}$$

แทนค่าคงที่ต่าง ๆ ลงในสมการ เพื่อหาค่าเทอร์มวลฟลักซ์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน โดยใช้ SiO_2 ความหนาแน่น 1.4 กรัม/ซม^3 . ปริมาณน้ำผสมอยู่ 0.2 กรัม/ซม^3 ได้แสดงค่าที่คำนวณได้ไว้ในตารางที่ 3.5

3.4.4 เทอร์มวลฟลักซ์เฉลี่ยรอบจุดกำเนิด ($\bar{\phi}_D$)

สมการ (2.34) ใช้ในการหาเทอร์มวลฟลักซ์เฉลี่ยรอบจุดกำเนิด โดยใช้ทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน 2 พวก

$$\bar{\phi}_D = \frac{1}{a} \frac{S}{4\pi D} \frac{L^2}{L_f^2 - L^2} \left[E_1\left(\frac{a}{L}\right) - E_1\left(\frac{a}{L_f}\right) + \ln\left(\frac{L_f}{L}\right) \right]$$

แทนค่า $a = 20 \text{ ซม.}$ L, L_f ตามตารางที่ 3.3

สมการ (2.35) ใช้ในการหาเทอร์มวลฟลักซ์เฉลี่ยรอบจุดกำเนิด โดยใช้ทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน 3 พวก

$$\bar{\phi}_D = \frac{1}{a} \frac{S}{4\pi D} \frac{L^2}{L_1^2 - L^2} \left[\frac{L_1^2}{L_1^2 - L^2} \left\{ E_1\left(\frac{a}{L}\right) - E_1\left(\frac{a}{L_1}\right) + \ln\left(\frac{L_1}{L}\right) \right\} - \frac{L_2^2}{L_2^2 - L^2} \left\{ E_1\left(\frac{a}{L}\right) - E_1\left(\frac{a}{L_2}\right) + \ln\left(\frac{L_2}{L}\right) \right\} \right]$$

แทนค่า $a = 20 \text{ ซม.}$ L, L_1 และ L_2 ตามตารางที่ 3.3 จะได้อค่าเทอร์มวลฟลักซ์เฉลี่ยรอบจุดกำเนิด เมื่อใช้ SiO_2 ความหนาแน่น 1.4 กรัม/ซม^3 โดยเปลี่ยนปริมาณน้ำจาก $0.05, 0.10, 0.2, 0.4$ และ 0.6 กรัม/ซม^3 เพื่อเปรียบเทียบกันเทอร์มวลฟลักซ์คำนวณได้จากทฤษฎีทั้งสอง ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ความหนาแน่น SiO_2 กรัม/ซม. ³	ปริมาณน้ำ กรัม/ซม. ³	ϕ นิวตรอน/ซม. ² . วินาที		
		ทฤษฎีการฟุ้งของ นิวตรอน 2 พก	ทฤษฎีการฟุ้งของ นิวตรอน 3 พก	ทฤษฎีเฟอร์มิเอง
1.4	0	293	59	63
	0.05	762	257	154
	0.10	1320	477	231
	0.20	2687	1010	446
	0.40	6042	2427	1077
	0.60	11124	4297	1748
1.7	0	433	93	93
	0.05	992	327	202
	0.10	1695	584	332
	0.20	3196	1191	537
	0.40	7232	2749	1186
	0.60	12444	4786	2033

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าเทอร์มาลฟลักซ์สำหรับ SiO_2 ที่มีน้ำผสมอยู่ด้วย
ปริมาณต่าง ๆ กัน ซึ่งเกิดจากตัวกำเนิดนิวตรอน 10^6
นิวตรอน/วินาที ที่ $r = 0$

ระยะทาง (x)	A (นิวตรอน/ซม ² .วินาที)		
	ทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน 2 พวก	ทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน 3 พวก	ทฤษฎีเฟอร์มิเอจ
2	2287.	996	529.
5	1799.	936	485.
10	1210.	786.	442.
20	553.	478.	368
30	257.	262.	258
40	121.	135	163.

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าฟลักซ์ที่ระยะทางต่าง ๆ โดยใช้ SiO_2
ความหนาแน่น 1.4 กรัม/ซม³ ปริมาณน้ำ 0.2 กรัม/ซม³.

ปริมาณน้ำ กรัม/ซม ³	Ø		Ø _D	
	ทฤษฎีการฟุ้งของ นิวตรอน 2 พวก	ทฤษฎีการฟุ้งของ นิวตรอน 3 พวก	ทฤษฎีการฟุ้งของ นิวตรอน 2 พวก	ทฤษฎีการฟุ้ง ของนิวตรอน 3 พวก
0	293	59	216	81
0.05	762	257	516	262
0.10	1320	477	805	422
0.2	2687	1010	1343	792
0.4	6042	2427	2207	1493
0.6	11124	4297	3117	2122

ตารางที่ 3.6 แสดงการเปรียบเทียบเทอร์มาลฟลักซ์ที่คำนวณได้จากทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน 2 พวก, 3 พวก กับเทอร์มาลฟลักซ์เฉลี่ยโดยใช้ S_{10_2} ความหนาแน่น 1.4 กรัม/ซม³

3.4.5 เปรียบเทียบการคำนวณโดยใช้ทฤษฎีทั้งสามกับผลที่ได้จากการทดลองที่มีผู้ทำไว้แล้ว

การคำนวณโดยใช้ทฤษฎีต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วเมื่อใช้ของผสมระหว่าง S_{10_2} กับน้ำ ยังไม่มีผู้ใดทำการทดลอง จึงให้นำทฤษฎีเหล่านี้ไปใช้กับการหาเทอร์มาลฟลักซ์ที่ระยะทางต่าง ๆ เมื่อตัวกลางคือน้ำเปล่า เพื่อ

เปรียบเทียบกับผลการทดลองของนายยุทธ¹⁸

การคำนวณโคไซน์ค่าคงที่ L , L_f , L_1 , L_2 เปลี่ยนไปตามจำนวนนิวคลีไอของสารที่เป็นตัวกลาง แต่ใช้วิธีการคำนวณเหมือนกันที่ทำในวิทยานิพนธ์นี้ ตัวกำเนิดนิวตรอนที่ใช้มีความแรง 1.3×10^6 นิวตรอน/วินาที วางอยู่ในน้ำเปล่า หาปริมาณเทอร์มาลฟลักซ์ที่จุดห่างจากตัวกำเนิดนิวตรอน 2.5 ซม., 10.5 ซม. โดยใช้ทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน 2 พวก, การฟุ้งของนิวตรอน 3 พวกและทฤษฎีเฟอร์มีเอจ ผลที่ได้จากการคำนวณ โคไซน์แสดงไว้ในตารางที่ 3.7

18

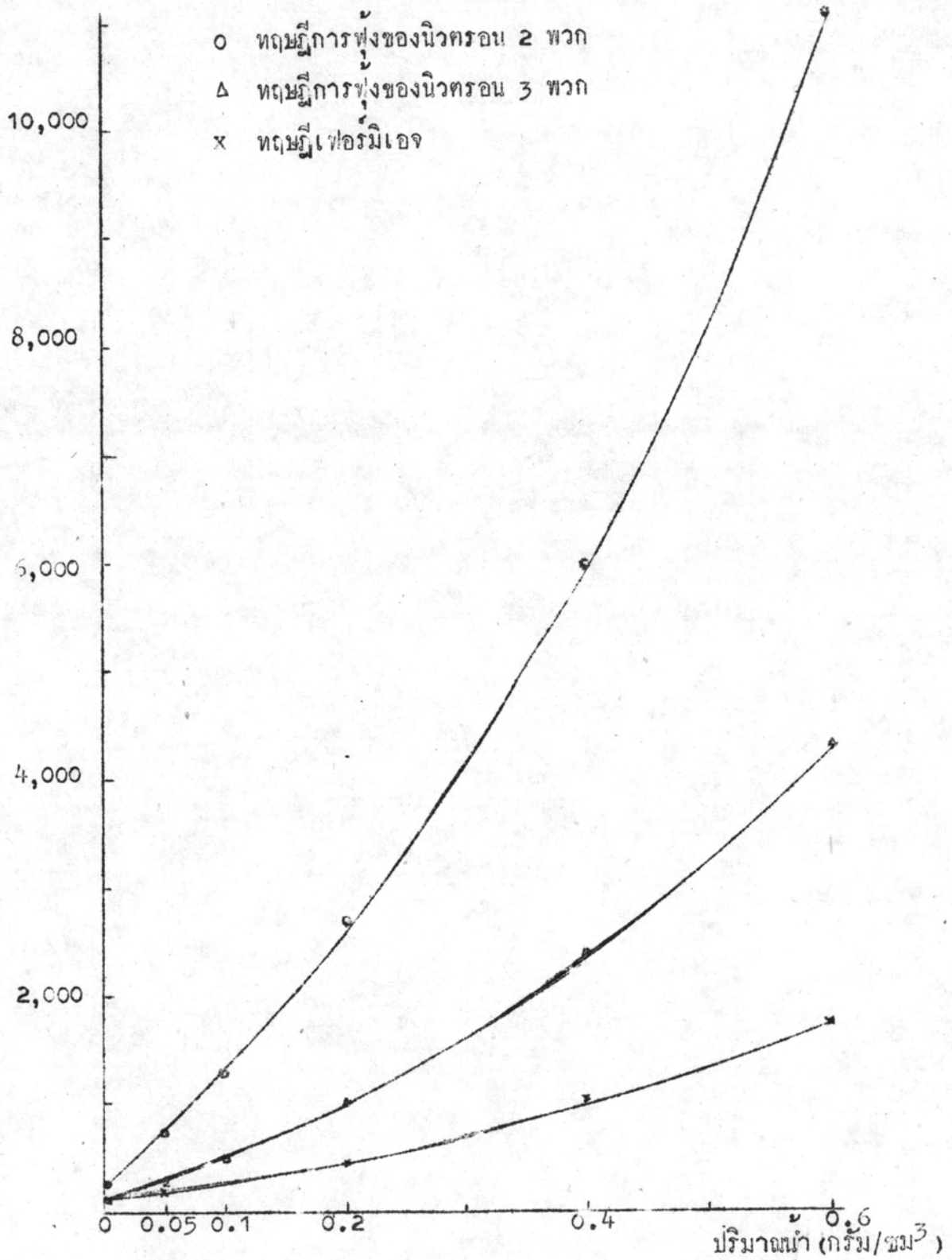
Yuth Akkaramus, Neutron Measurement (Unpublished Master's Thesis, Department of Physics, Chulalongkorn University., 1968)

ระยะทาง (r) ซม.	$\phi \times 10^3$ นิวตรอน/ซม ² . วินาที			
	ทฤษฎีการฟุ้งของ นิวตรอน 2 พวก	ทฤษฎีการฟุ้งของ นิวตรอน 3 พวก	ทฤษฎีเฟอร์มีเอจ	การทดลอง ของนายยุทธ
2.5	10.1	6.29	1.25	6.20
10.5	1.89	2.09	1.11	2.30

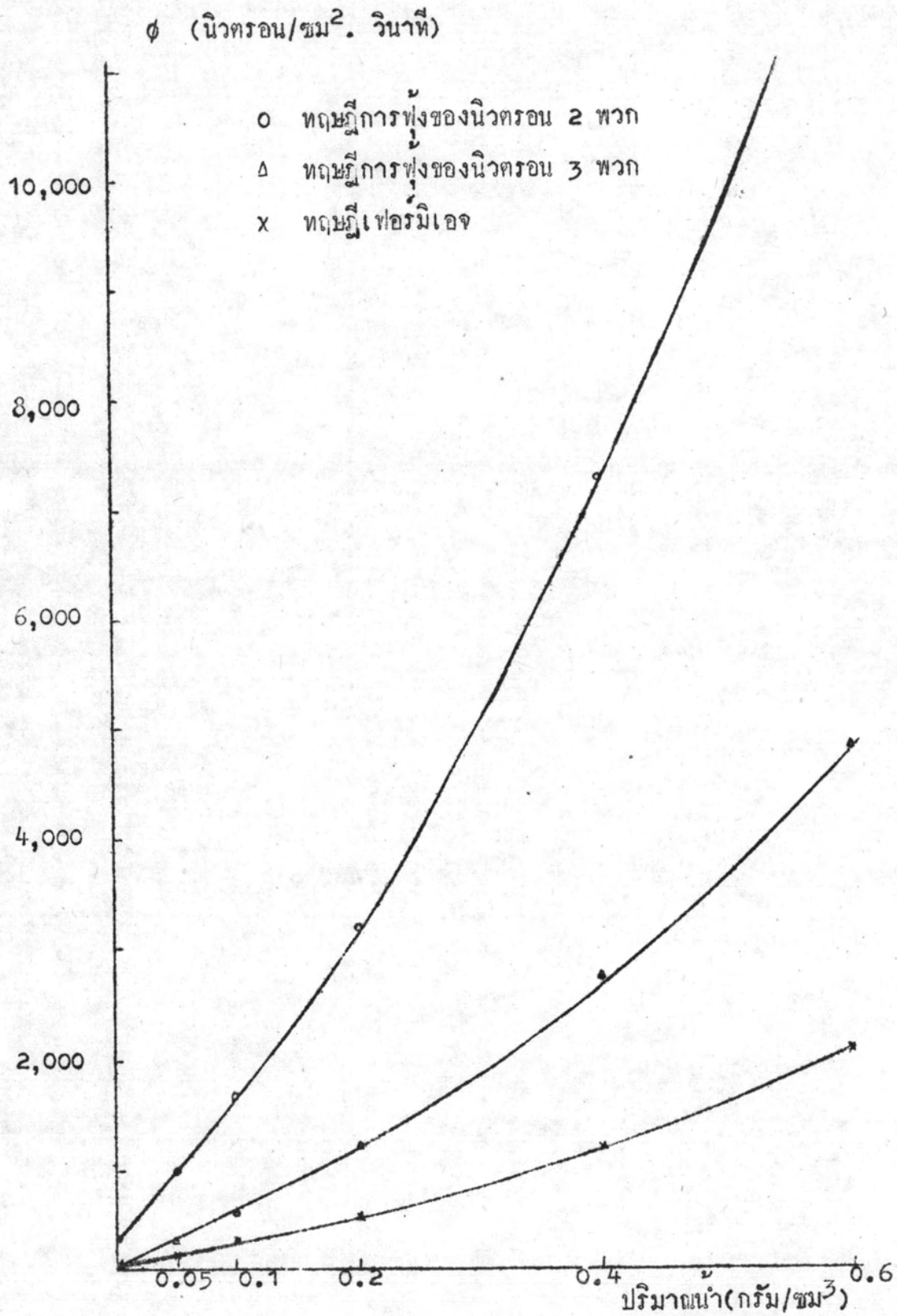
ตารางที่ 3.7 แสดงค่าเทอร์มาลฟลักซ์ที่ระยะทางห่างจากตัวกำเนิดนิวตรอนความแรง 1.3×10^6 นิวตรอน/วินาที ซึ่งวางอยู่ในน้ำเปล่า เที่ยบผลการทดลอง

หมายเหตุ ค่าเทอร์มาลฟลักซ์ในช่องสุดท้ายของตารางที่ 3.7 เป็นค่าที่ได้จากผลการทดลองของนายยุทธ ซึ่งได้ทำการวัดค่าเทอร์มาลฟลักซ์ที่ปรากฏในถังน้ำรัศมี 25 ซม. ที่ระยะ 2.5, 3.5, 5.5, 7.5, 9.5 ... 19.5 ซม.

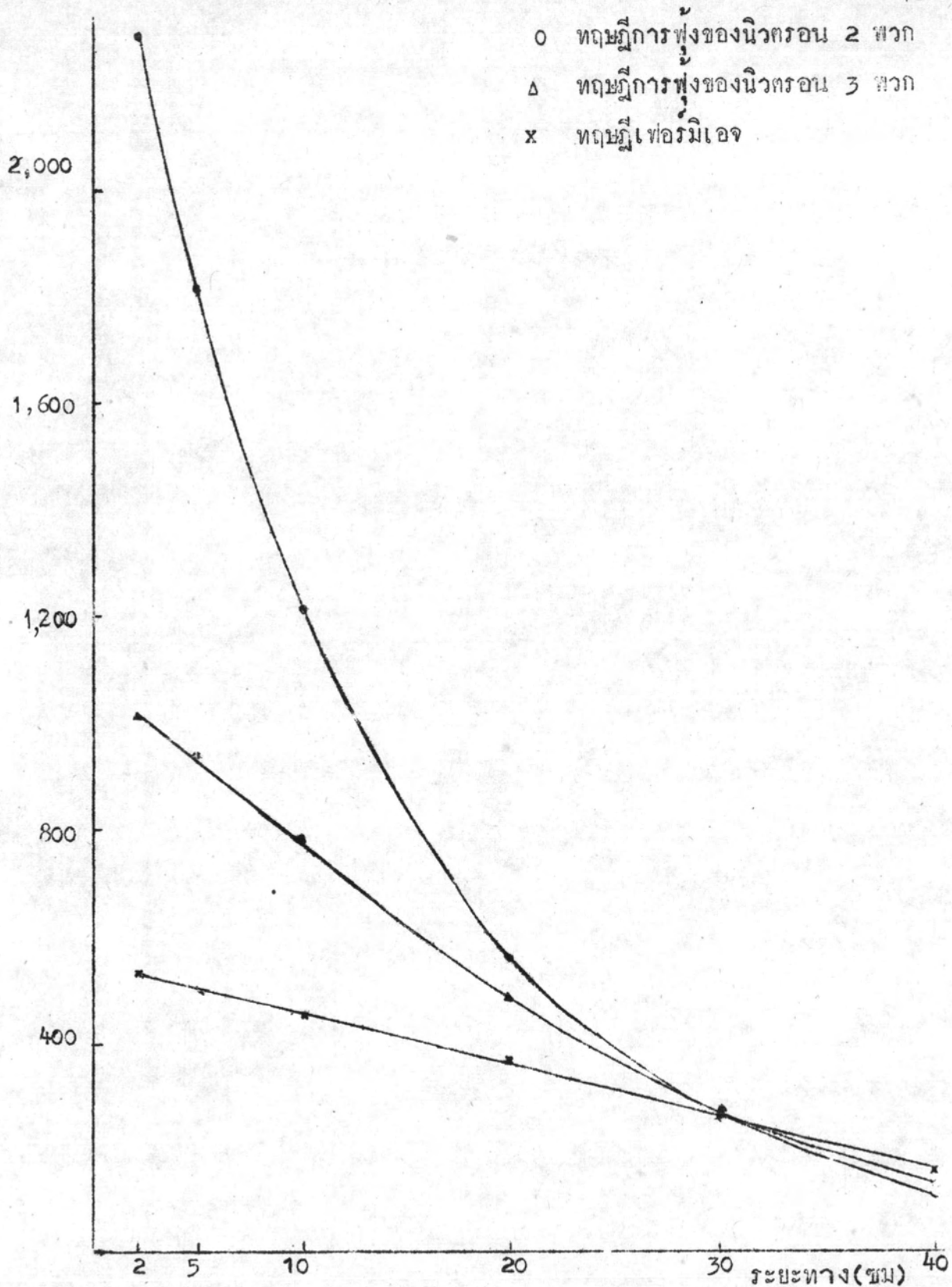
ϕ (นิวตรอน/ซม² วินาที)



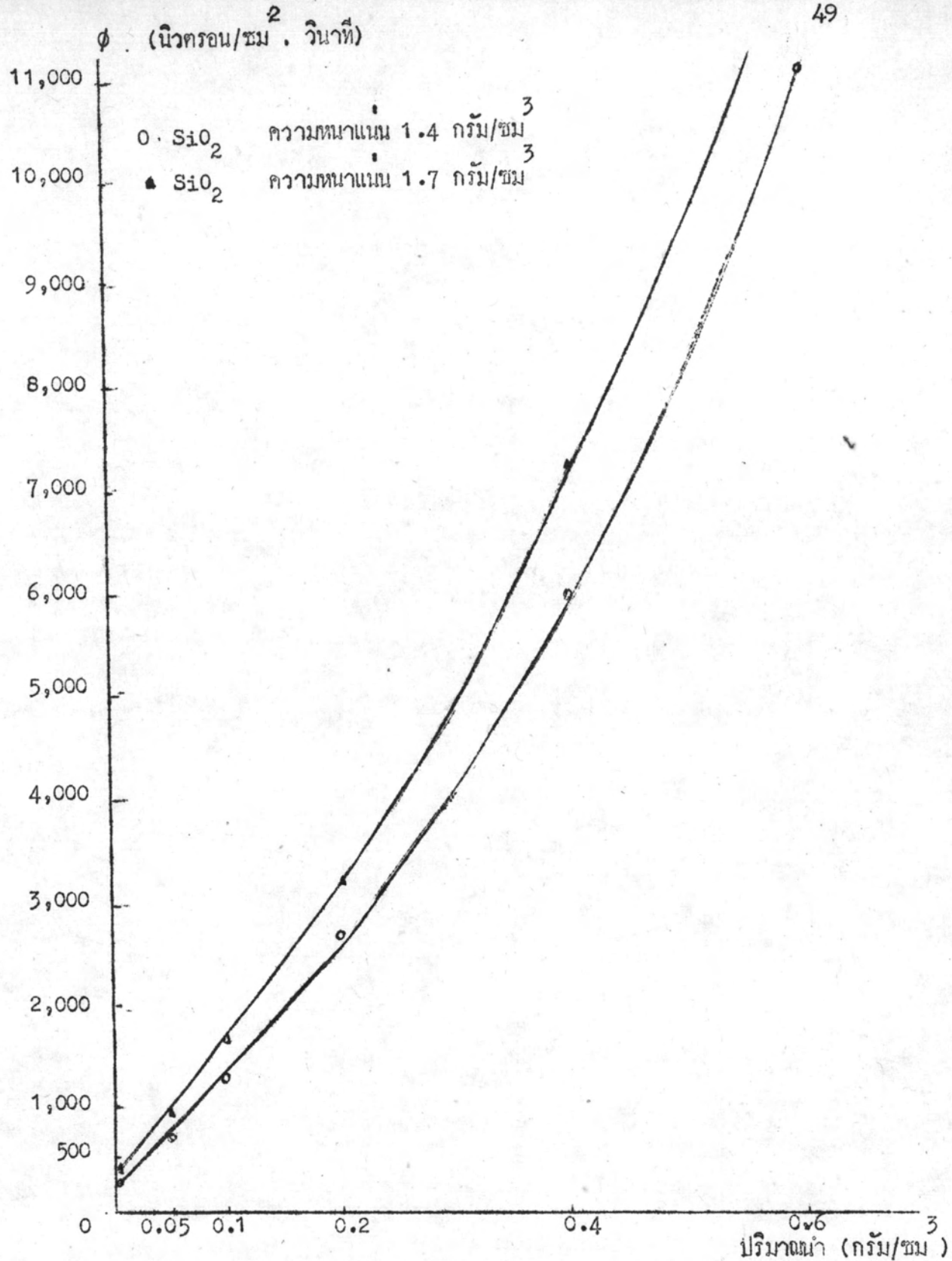
รูปที่ 3.1 กราฟระหว่างค่าเทอร์มอลพล็กซ์กับปริมาณน้ำที่ตำแหน่ง $r = 0$
 จากตารางที่ 3.4 โดยให้ความหนาแน่นของ SF_2 1.4 กรัม/ซม³



รูปที่ 3.2 กราฟระหว่างค่าเทอร์มาลฟลักซ์กับปริมาณน้ำที่ตำแหน่ง $r = 0$
 จากตารางที่ 3.4 โดยให้ความหนาแน่นของ SiO_2 1.7 กรัม/ซม³

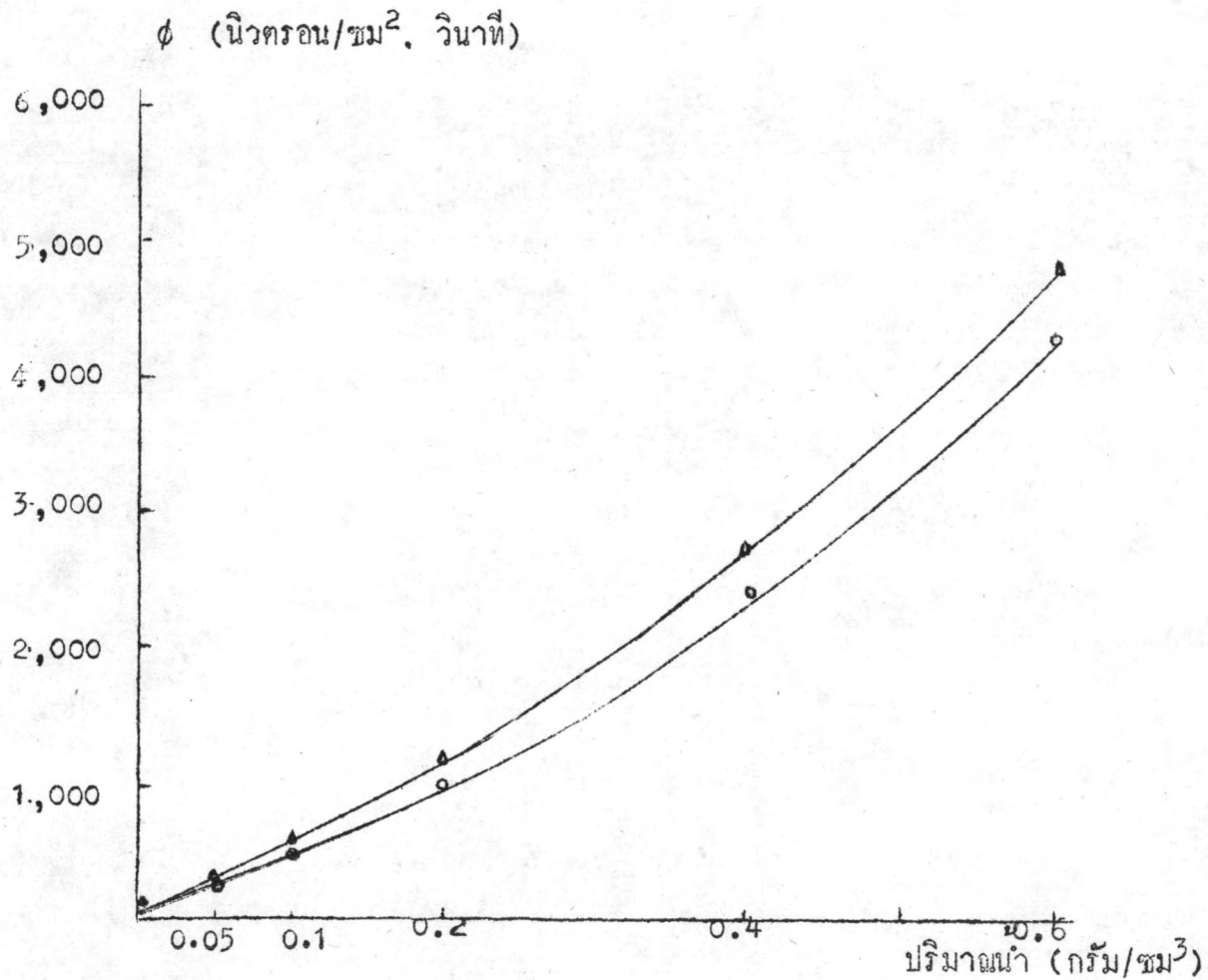


รูปที่ 3.3 กราฟระหว่างค่าเทอร์มาลฟลักซ์กับระยะทาง จากตารางที่ 3.5 ใช้ความหนาแน่นของ ^{235}U 1.4 กรัม/ซม³ มีปริมาณน้ำ 0.2 กรัม/ซม³



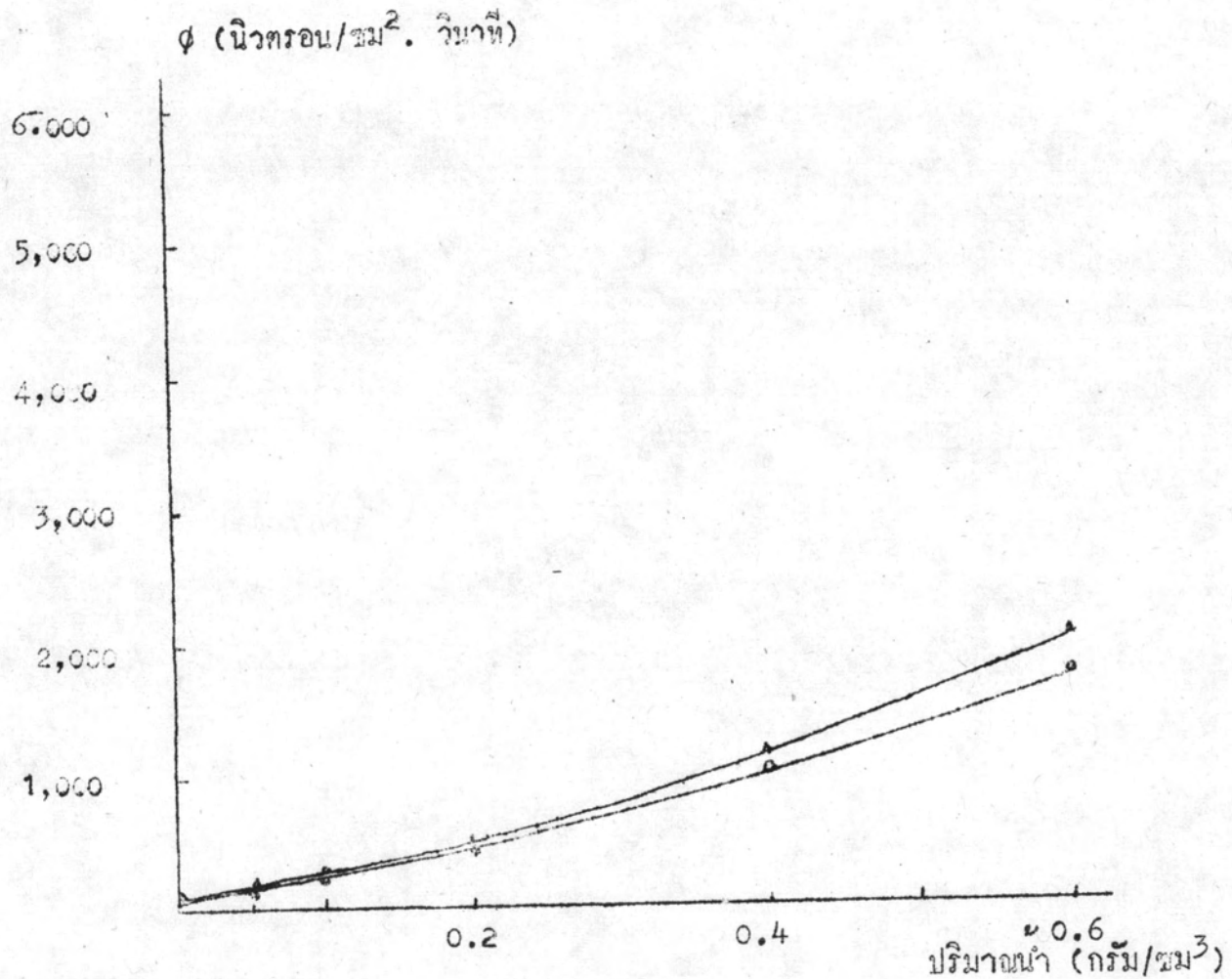
รูปที่ 3.4 กราฟเปรียบเทียบค่าเทอร์มัลฟลักซ์ที่ $r=0$ กับปริมาณน้ำ เมื่อความหนาแน่นของ SiO_2 1.4 กรัม/ซม.³ และ 1.7 กรัม/ซม.³ โดยใช้ทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน 2 พวก จากตารางที่ 3.4

- SiO_2 ความหนาแน่น 1.4 กรัม/ซม³
 △ SiO_2 ความหนาแน่น 1.7 กรัม/ซม³



รูปที่ 3.5 กราฟเปรียบเทียบค่าเทอร์มาลฟลักซ์ที่ $r = 0$ กับปริมาณน้ำเมื่อความหนาแน่นของ SiO_2 1.4 กรัม/ซม³ และ 1.7 กรัม/ซม³ โดยใช้ทฤษฎีการฟุ้งของนิวตรอน 3 พวก จากตารางที่ 3.4

○ SiO_2 ความหนาแน่น 1.4 กรัม/ซม³
 △ SiO_2 ความหนาแน่น 1.7 กรัม/ซม³



รูปที่ 3.6 กราฟเปรียบเทียบค่าเทอร์มาลฟลักซ์ที่ $r = 0$ กับปริมาณน้ำเมื่อความหนาแน่นของ SiO_2 1.4 กรัม/ซม³ และ 1.7 กรัม/ซม³ โดยใช้ทฤษฎีเฟอร์มีเอง จากตารางที่ 3.4.