หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ภาคปฏิบัติและผลการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ตอนด้วยกันคือ

ตอนที่ 1 ใช้ธาตุที่มีภาคตัดขวางการดูดกลืนนิวตรอนสูงมาขวางกั้นนิวตรอน

ตอนที่ 2 วัดการแจกแจงของนิวตรอนช้า

ตอนที่ 3 หาแกมมาสเปกตรัมของสารบางชนิด

3.1 ใช้สารที่มีค่าภาคตัดขวางการดูดกลืนนิวตรอนสูงมาขวางกั้นทางเดินของนิวตรอน

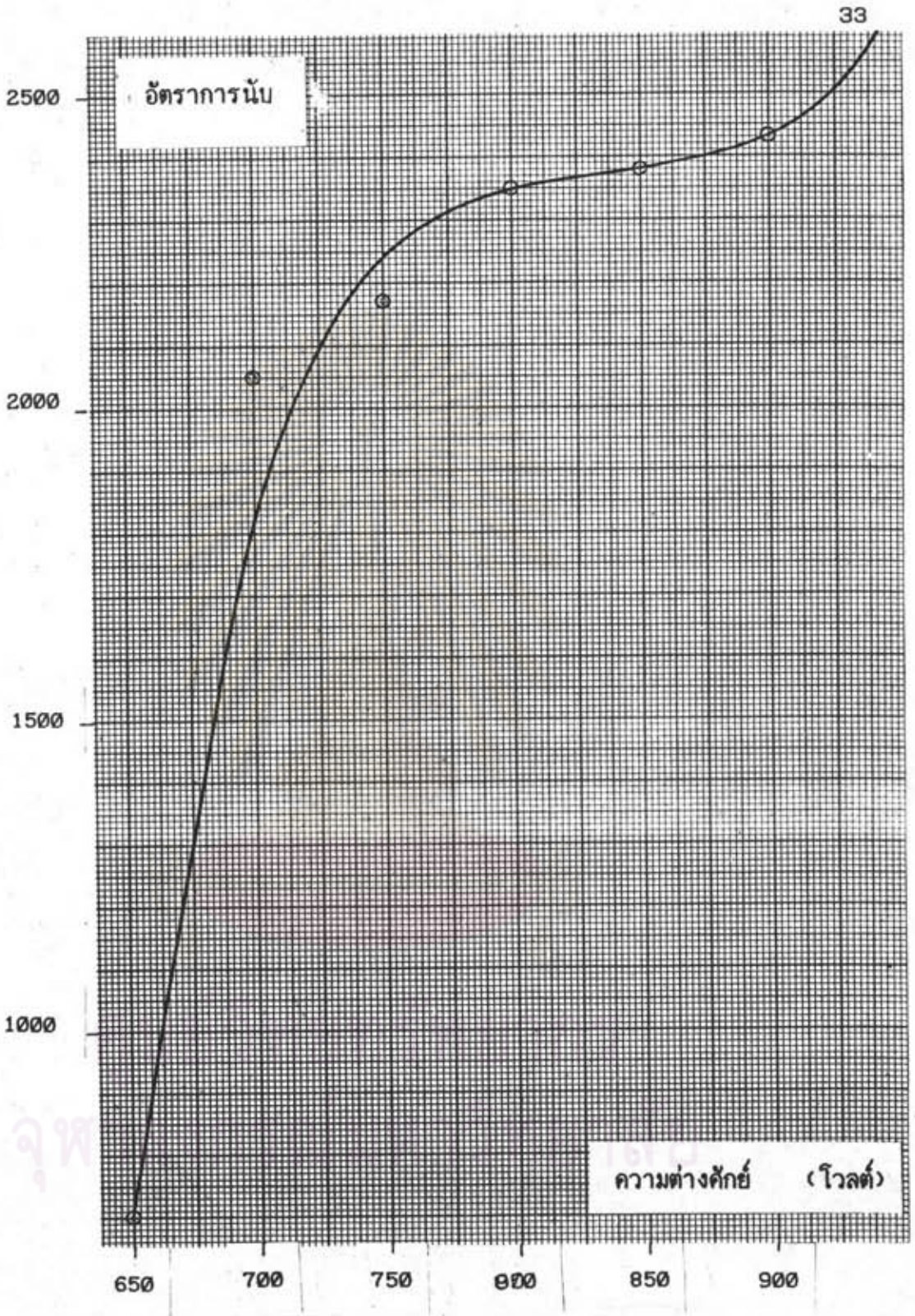
1) ทดสอบหัววัด การทดลองในหัวข้อนี้ใช้หลอดไกเกอร์วัด จึงต้องมีการหากราฟประจำตัวของหลอดไกเกอร์ที่ใช้ในการทดลองเสียก่อน เพื่อจะเลือกค่าความต่างศักย์ที่หลอดไกเกอร์จะทำงานได้ดีที่สุด ได้ผลดังตารางที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความต่างศักย์	อัตราการนับ
650	693
700	2052
750	2177
800	2353
850	2378
900	2433
950	2687
1000	4718

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่ใช้กับอัตราการนับของหลอดไกเกอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

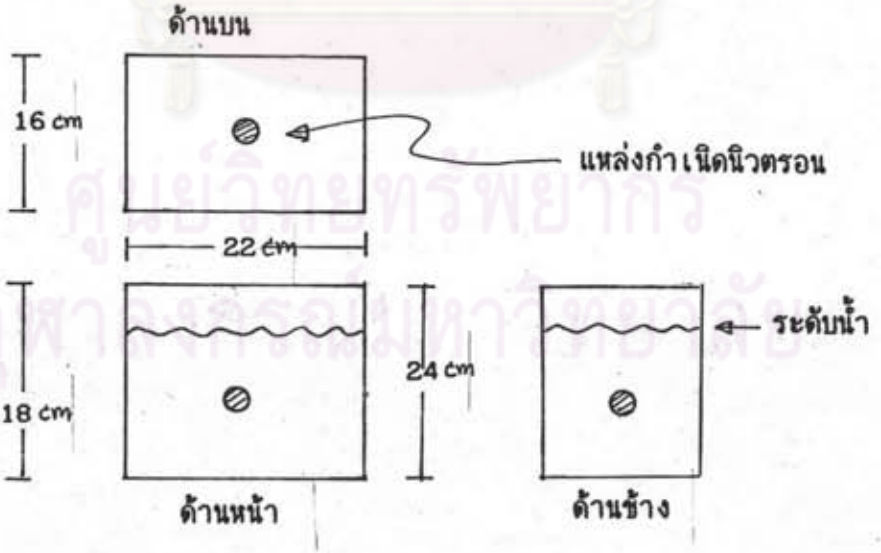


รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับอัตราการนับของหลอดไกเกอร์

นำค่าจากตารางที่ 3.1 มาวาดเป็นกราฟลงบนกระดาษกราฟแบบธรรมดา จะได้กราฟประจำตัวของหลอดไกเกอร์ที่ใช้ เมื่อพิจารณาในช่วงพลาโตค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสมที่สุดคือ 850 โวลต์ ฉนั้นในการใช้หัววัดไกเกอร์นี้ในครั้งต่อไปจะใช้ความต่างศักย์ 850 โวลต์

2) การจัดตั้งเครื่องมือ

การศึกษาครั้งนี้ใช้แหล่งกำเนิดนิวตรอนแบบอะเมริเซียม-เบริลเลียม ซึ่งนิวตรอนที่แผ่ออกมานั้นมีพลังงานประมาณ 1-11 MeV และเนื่องจากนิวตรอนที่มีพลังงานสูงมักไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับนิวเคลียสของธาตุที่วิ่งเข้าชน (ไม่ถูกดูดกลืน) เป็นแต่เพียงถ่ายทอดพลังงานให้แล้วกระเจิงไป นิวตรอนที่ทำปฏิกิริยาได้ดีเป็นพวกที่มีพลังงานต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการลดความเร็วของนิวตรอนโดยสารลดความเร็ว ในการทดลองครั้งนี้ใช้น้ำ โดยนำแหล่งกำเนิดนิวตรอนใส่ลงในถังพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 16 ซม. ยาว 22 ซม. สูง 24 ซม. ใส่น้ำลงไปสูงจากก้นถัง 18 ซม. ดังรูปที่ 3.2

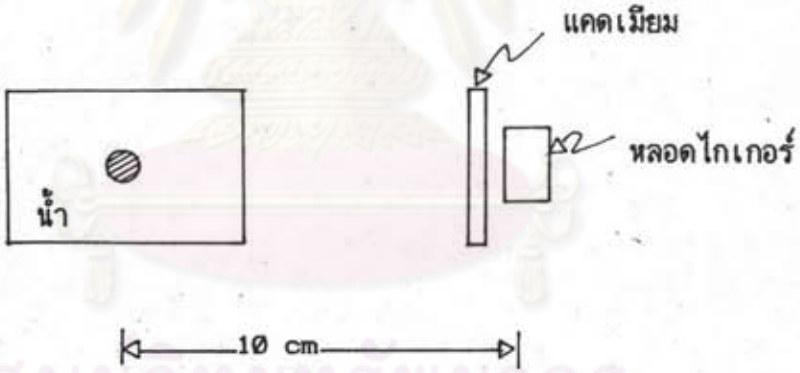


รูปที่ 3.2 ถังพลาสติกที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองตอนนี้ใช้หลอดไกเกอร์ซึ่งวัดนิวตรอนโดยตรงไม่ได้ จึงต้องใช้แผ่นแคดเมียมมาขวางทางเดินของนิวตรอน เมื่อนิวตรอนชนกับแคดเมียมซึ่งมีค่าภาคตัดขวางการดูดกลืนนิวตรอนสูง นิวตรอนจะทำปฏิกิริยากับแคดเมียมดังสมการ

$$Cd^{113} + {}_0n^1 \longrightarrow Cd^{114} + \gamma$$

ซึ่งจะปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมาตรวจวัดได้ด้วยหลอดไกเกอร์ ดังนั้นการวัดนิวตรอนก็วัดได้จากรังสีแกมมานี้ และเนื่องจากใช้น้ำเป็นตัวลดความเร็วของนิวตรอน จึงต้องทดลองดูว่าน้ำมีความหนาเท่าใดจึงจะวัดนิวตรอนได้แรงที่สุด โดยให้แหล่งกำเนิดนิวตรอนกับหลอดไกเกอร์ห่างกันเป็นระยะ 10 ซม. ดังรูป



เลื่อนแหล่งกำเนิดนิวตรอนพร้อม ๆ กับเลื่อนหลอดไกเกอร์เพื่อรักษาระยะห่างให้คงที่และเพื่อเปลี่ยนความหนาของน้ำที่ขวางกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดกับหลอดไกเกอร์ ได้ผลดังตารางที่ 3.2 จากตารางที่ 3.2 พบว่าเมื่อเปลี่ยนความหนาของน้ำค่านิวตรอนที่วัดได้เปลี่ยนไปไม่มากนักจึงเลือกความหนา 5 ซม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I10300958

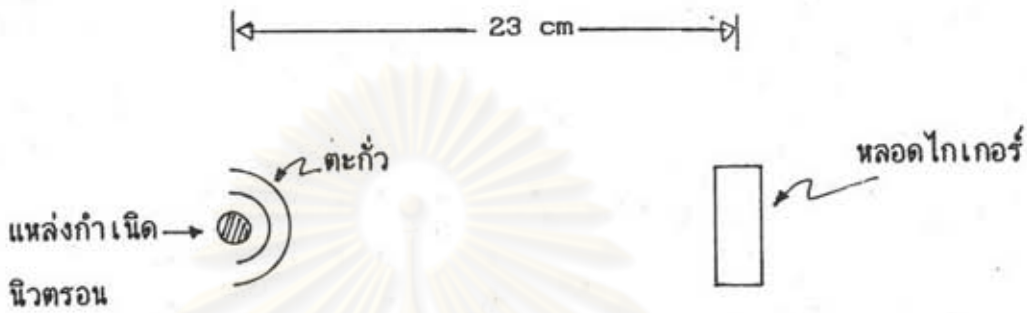
ความหนาของน้ำ (cm)	อัตราการนับ(x_1) (เมื่อมีแผ่น Cd)	อัตราการนับ(x_2) (เมื่อไม่มีแผ่นCd)	x_1-x_2	ความคลาดเคลื่อน (%)
3	2410	1377	1033	6
	2470	1309	1161	5
4	2438	1439	999	6
	2522	1439	1083	6
5	2448	1360	1088	6
	2420	1382	1038	6
6	2341	1398	943	6
	2289	1346	943	6
7	2471	1410	1061	6
	2408	1360	1048	6
8	2380	1345	1035	6
	2335	1291	1044	6

ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของน้ำที่ใช้กั้น นิวตรอนกับค่าของนิวตรอนที่วัดได้

ค่าในตารางช่องที่ 5 หาได้จากสมการที่ (14) แล้วทำเป็นเปอร์เซ็นต์

เนื่องจากการวัดนิวตรอนนั้นวัดจากรังสีแกมมาที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างนิวตรอนช้ากับแคดเมียม แต่แหล่งกำเนิดนิวตรอนที่ใช้ในการทดลองนั้นปลดปล่อยรังสี

แกมมาออกมาด้วย จึงต้องหาวัสดุมากั้นรังสีแกมมาที่เกิดจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน สิ่งที่ใช้กั้นรังสีแกมมาได้ดีคือตะกั่ว จึงทดลองดูว่าตะกั่วหนาประมาณ 1 มม. เป็นจำนวนกี่แผ่นจึงจะกั้นรังสีแกมมาได้ดีดังรูป

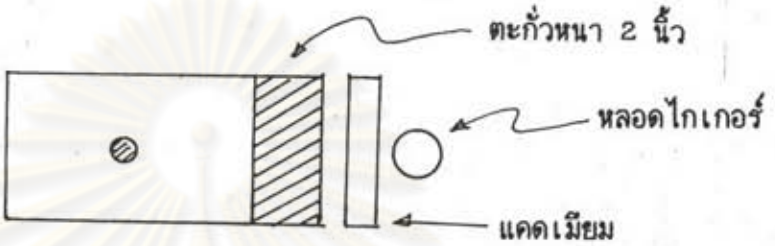


จำนวนตะกั่วที่ใช้กั้น (แผ่น)	อัตราการนับ (Count)
0	5830
1	1507
2	1372
3	1338
4	1317
5	1252
6	1259
7	1163
8	1130
9	1077
10	1065

ตารางที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแผ่นตะกั่วที่ใช้บังรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนกับอัตราการนับรังสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

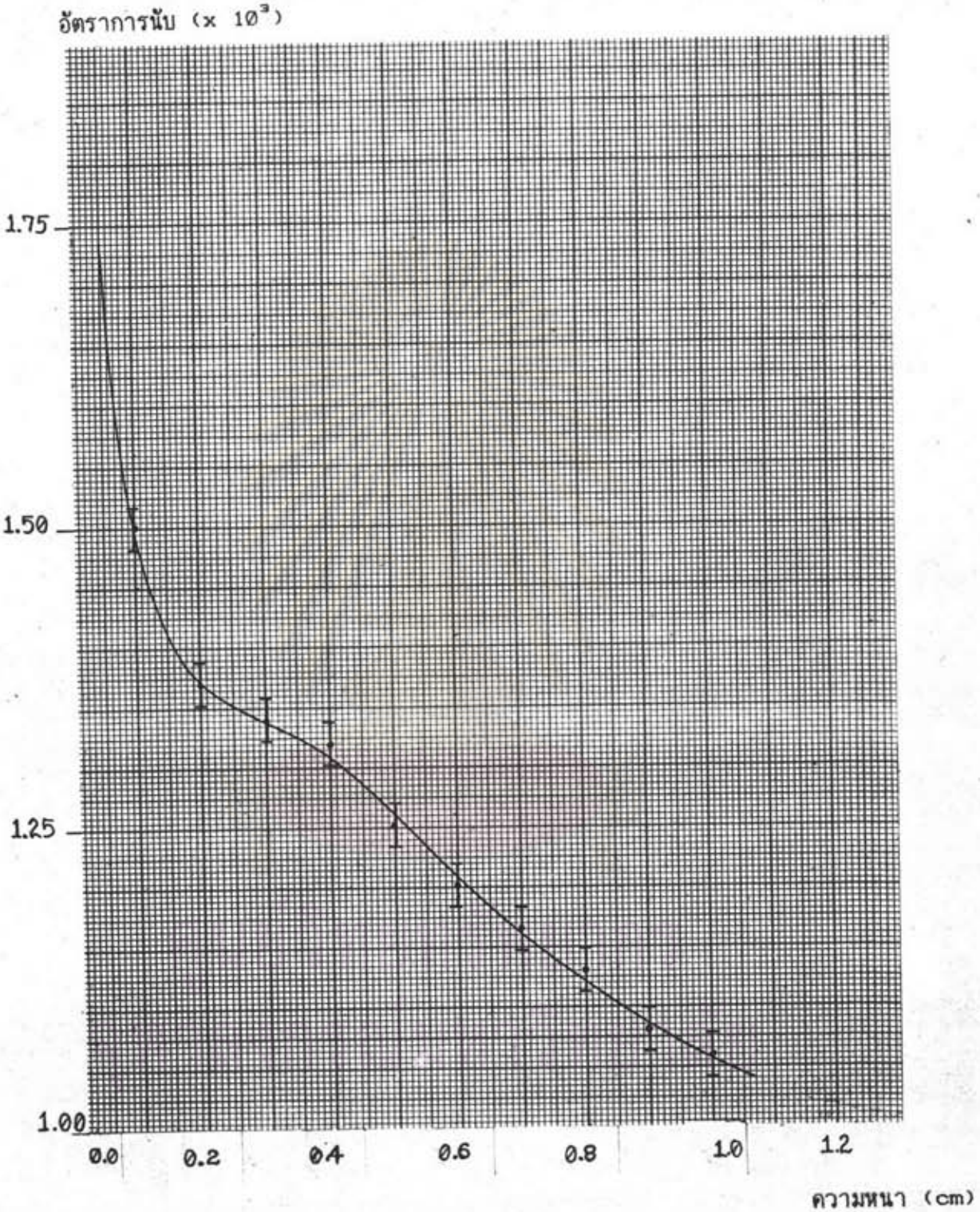
นำค่าจากตารางที่ 3.3 ไปวาดกราฟโดยให้จำนวนแผ่นตะกั่วที่ใช้กั้นเป็นแกนนอน ได้กราฟดังรูปที่ 3.3 จากรูปพบว่าตะกั่วหนา 1 มม. เพียงแผ่นเดียวก็สามารถกั้นรังสีแกมมาที่มีพลังงานต่ำได้ดี แต่จะมีรังสีแกมมาที่มีพลังงานสูงซึ่งไม่สามารถกั้นได้ด้วยตะกั่วซึ่งหนา 1 มม. แม้ว่าจะใช้หลาย ๆ แผ่นก็ตาม จึงทดลองเปลี่ยนจากตะกั่วแผ่นหนา 1 มม. เป็นตะกั่วหนา 2 นิ้วแทน และได้ทดลองเปลี่ยนความหนาของน้ำอีกด้วยดังรูป



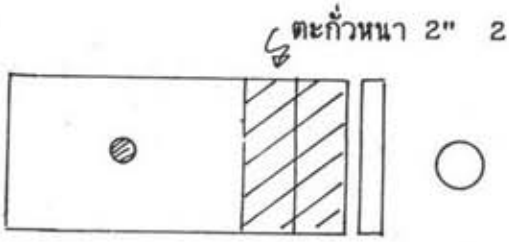
ความหนาของน้ำ (cm)	อัตราการนับ(X_1) (เมื่อมีแผ่น Cd)	อัตราการนับ(X_2) (เมื่อไม่มีแผ่นCd)	X_1-X_2	ความคลาดเคลื่อน (%)
5	2937	1248	1689	4
	2894	1264	1630	4
6	2613	1099	1514	4
	2646	1088	1558	4
7	2406	945	1461	4
	2358	927	1431	4
8	2142	866	1276	4
	2218	874	1344	4
9	1828	710	1118	5
10	1569	691	878	5

ตารางที่ 3.4 แสดงจำนวนนิวตรอนที่วัดได้กับความหนาของน้ำ
เมื่อใช้ตะกั่วหนา 2 นิ้ว 1 แผ่นกั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแผ่นตะกั่วที่ใช้กั้นกับอัตราการนับ



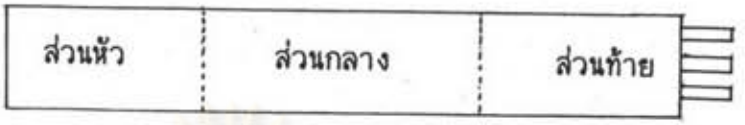
ความหนาของน้ำ (cm)	อัตราการนับ(x_1) (เมื่อมีแผ่น Cd)	อัตราการนับ(x_2) (เมื่อไม่มีแผ่นCd)	x_1-x_2	ความคลาดเคลื่อน (%)
5	2134	755	1379	4
6	1953	648	1305	4
7	1927	602	1325	4
8	1777	600	1177	4
9	1501	521	980	5
10	669	258	411	7

ตารางที่ 3.5 แสดงจำนวนนิวตรอนที่วัดได้กับความหนาของน้ำ เมื่อใช้ตะกั่วหนา 2 นิ้ว 2 แผ่นกั้น

จากการทดลองข้างต้นสรุปได้ว่า ความหนาของน้ำที่ขวางกั้นนิวตรอนเพื่อลดความเร็วของนิวตรอนนั้นหนา 5 ซม. ดีที่สุด ตะกั่วที่ใช้กั้นรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนและจากน้ำนั้นหนา 2 นิ้ว 1 แผ่น จะให้ผลในการวัดนิวตรอนได้แรงที่สุด

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้แผ่นแคดเมียมหุ้มหลอดไกเกอร์เพื่อจะวัดนิวตรอน จึงต้องศึกษาดูว่าควรจะหุ้มหลอดไกเกอร์ด้วยแผ่นแคดเมียมอย่างไรจึงจะให้ผลในการทดลองดีที่สุด

โดยแบ่งออกเป็น หุ้มตลอด หุ้มบางส่วน ในการหุ้มเพียงบางส่วนนั้นยังแบ่งออกเป็น หุ้มเพียงบางส่วนตรงกลาง และหุ้มเพียงบางส่วนบริเวณขอบ ดังรูป



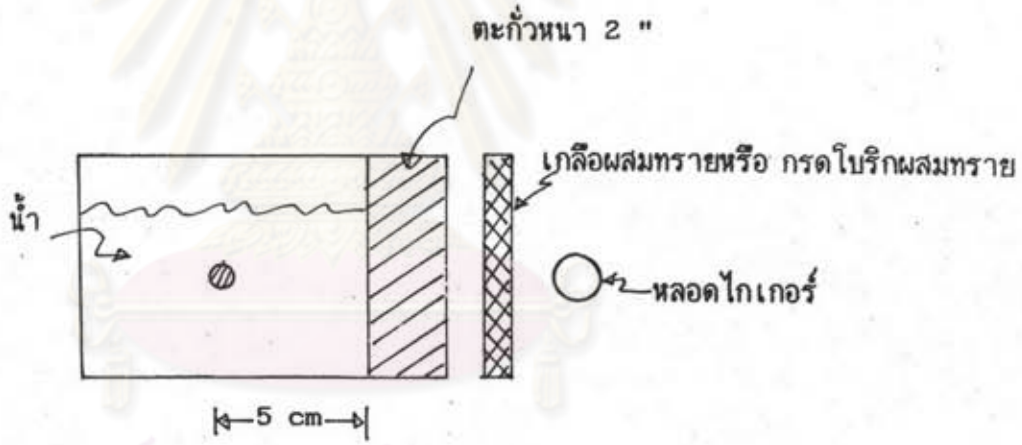
การหุ้มหลอดไกเกอร์	อัตราการนับ(x_1) (เมื่อมีแผ่น Cd)	อัตราการนับ(x_2) (เมื่อไม่มีแผ่นCd)	x_1-x_2	ความคลาดเคลื่อน (%)
1.หุ้มตลอด	2899	1489	1410	4.70
	2809	1480	1329	4.93
	2872	1499	1373	4.82
2.หุ้มเพียงบางส่วน	2549	1489	1060	5.99
	2521	1480	1041	6.08
	2524	1499	1025	6.19
-หุ้มส่วนหัว	2149	1467	682	8.82
-หุ้มส่วนกลาง	2525	1476	1058	5.79
-หุ้มส่วนท้าย	2590	1467	1123	5.67

ตารางที่ 3.6 แสดงจำนวนนิวตรอนที่วัดได้กับการหุ้มหลอดไกเกอร์ด้วยแผ่นแคดเมียม

จากการทดลองพบว่าหุ้มหลอดไกเกอร์โดยหุ้มตลอดจะวัดได้แรงที่สุดซึ่งทำได้โดยการตัดแผ่นแคดเมียมให้เป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าหลอดไกเกอร์เล็กน้อย ความยาวเท่ากับหลอดไกเกอร์ แล้วสวมลงบนหลอดไกเกอร์

3) ทำการทดลอง

นำทรายมาผสมกับเกลือในอัตราส่วนต่อน้ำหนักต่าง ๆ กัน แล้วนำไปใส่ในภาชนะซึ่งทำจากพลาสติกรูปสี่เหลี่ยมขนาด 4x1x5 ซม.^{3} เพื่อจะนำไปกั้นนิวตรอน พร้อมกันนี้ก็นำเอากรดโบริกผสมกับทรายในอัตราส่วนต่อน้ำหนักต่าง ๆ กัน แล้วนำไปบรรจุลงในภาชนะขนาดเดียวกันเพื่อจะนำไปกั้นนิวตรอน ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการจัดตั้งเครื่องมือในการทดลองหัวข้อ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกลือ(%)	อัตราการนับ(x_1) (เมื่อมีแผ่น Cd)	อัตราการนับ(x_2) (เมื่อไม่มีแผ่นCd)	x_1-x_2	ความคลาดเคลื่อน (%)
100	2926	1951	975	7
90	2940	1960	980	7
80	2942	1930	1012	7
70	2943	1939	1004	7
60	2905	1898	1007	7
50	2893	1877	1016	7
40	2951	1976	975	7
30	2894	1887	1007	7
20	2875	1933	942	7
10	2777	1828	949	7
0	2821	1802	1019	7

ตารางที่ 3.7 แสดงนิวตรอนที่วัดได้กับเปอร์เซ็นต์ของเกลือที่ใช้ก้น

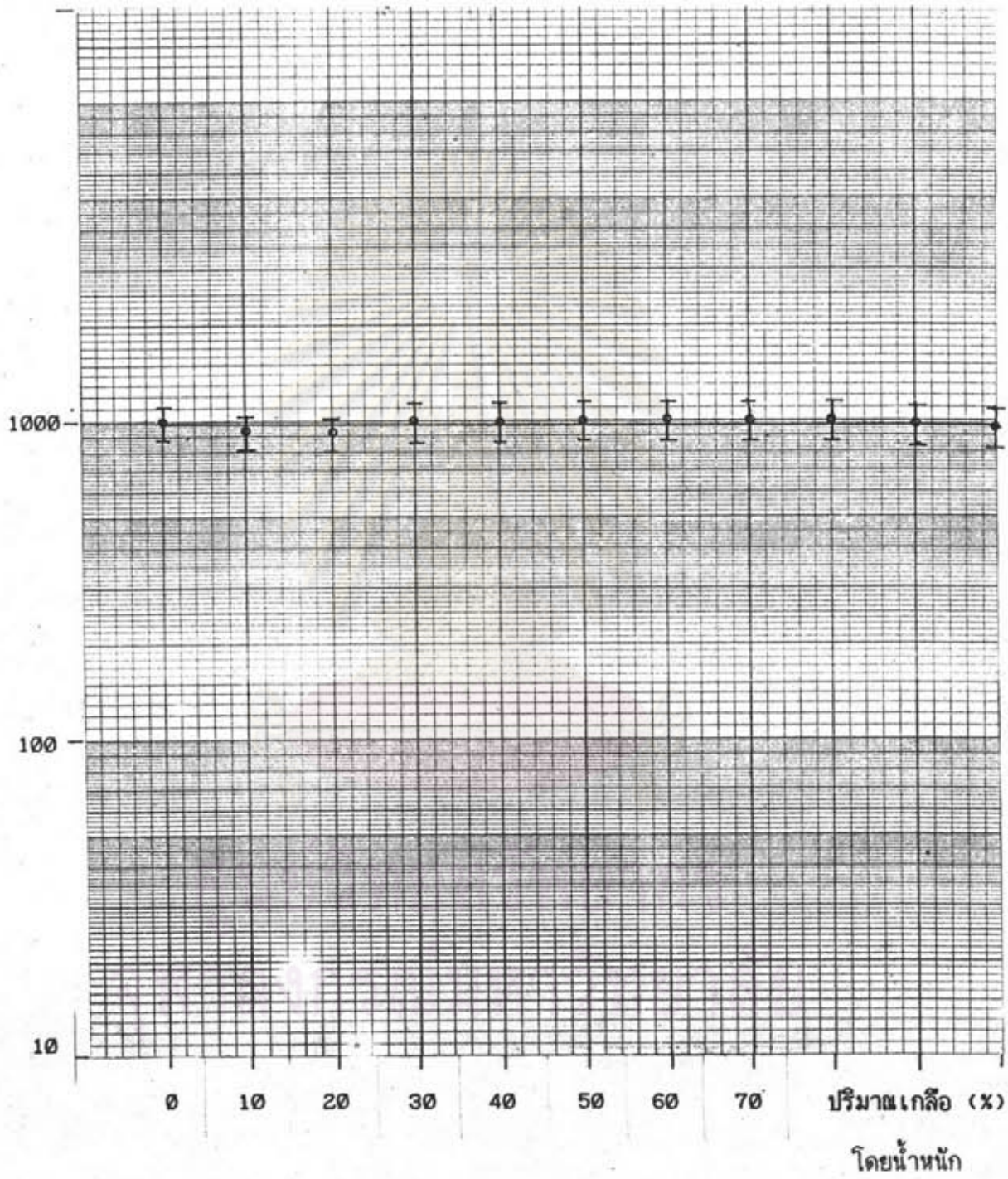
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรดโบริก(%)	อัตราการนับ(x_1) (เมื่อมีแผ่น Cd)	อัตราการนับ(x_2) (เมื่อไม่มีแผ่นCd)	x_1-x_2	ความคลาดเคลื่อน (%)
0	2501	1518	920	7
1	2419	1553	866	7
2	2381	1566	815	8
3	2361	1545	816	8
5	2388	1539	849	7
6	2312	1506	806	8
9	2274	1515	759	8
12	2232	1508	724	8

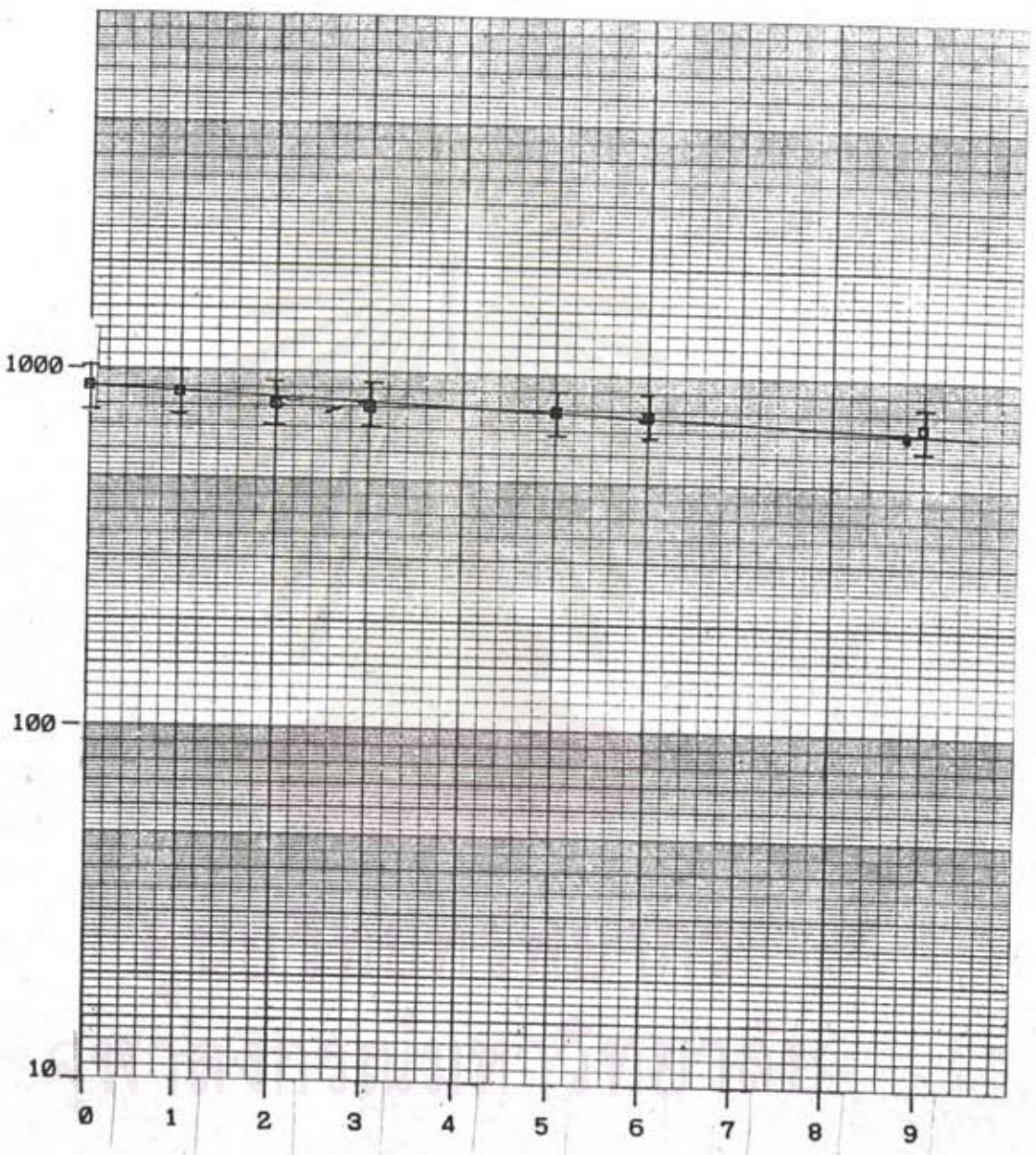
ตารางที่ 3.8 แสดงนิวตรอนที่วัดได้กับเปอร์เซ็นต์ของกรดโบริกที่ใช้กั้น

นำค่าที่ได้จากตารางที่ 3.7 และ 3.8 ไปวาดกราฟโดยให้เปอร์เซนต์ของสารที่ใช้กั้นเป็นแกนนอน ได้กราฟดังรูปที่ 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ จากกราฟพบว่าความชันของกราฟมีค่าน้อยมาก ฉนั้นการประมาณปริมาณธาตุในสารตัวอย่างโดยวิธีนี้ไม่ค่อยจะดีนัก

อัตราการนับ



รูปที่ 3.5 แสดงปริมาณเกลือกับอัตราการนับ

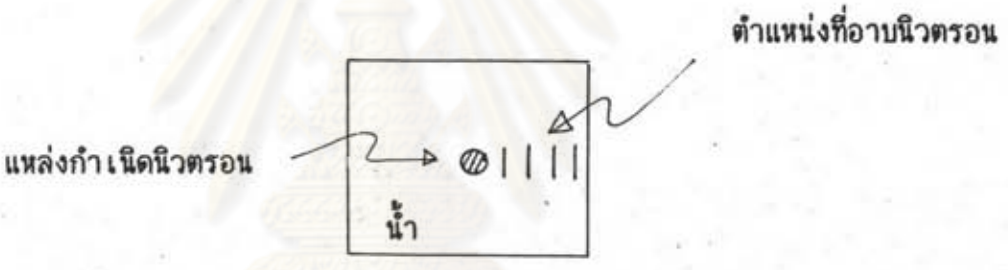


รูปที่ 3.6 แสดงปริมาณกรดโบริกกับอัตราการนับ

3.2 วัดการแจกแจงของนิวตรอนช้า

1) โดยใช้แผ่นเงิน

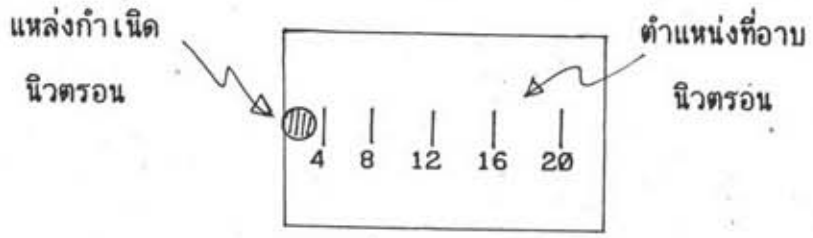
นำแผ่นเงินขนาด 2x2 ซม.^{2} หนักประมาณ 550 มก. ไปอาบนิวตรอนจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนซึ่งแช่อยู่ในน้ำในถังพลาสติก ใช้เวลาอาบ 5 นาที รอ 30 วินาทีและนับด้วยเครื่องนับไกเกอร์นาน 5 นาทีทุกครั้ง โดยแบ่งขั้นตอนย่อย ๆ เป็น เมื่อแหล่งกำเนิดนิวตรอนแช่อยู่ตรงกลางถังพลาสติก และเมื่อแหล่งกำเนิดนิวตรอนแช่อยู่ริมถังพลาสติกดังรูป



ระยะทางจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนเป็นเซนติเมตร	อัตราการนับต่อ 5 นาทีต่อกรัม	ความคลาดเคลื่อน (%)
2	6228	1
4	5725	2
6	4024	2
8	2864	2
10	1471	3

ตารางที่ 3.9 แสดงระยะทางจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนที่อาบนิวตรอนกับนิวตรอนที่วัดได้เมื่อแหล่งกำเนิดอยู่กลางถัง

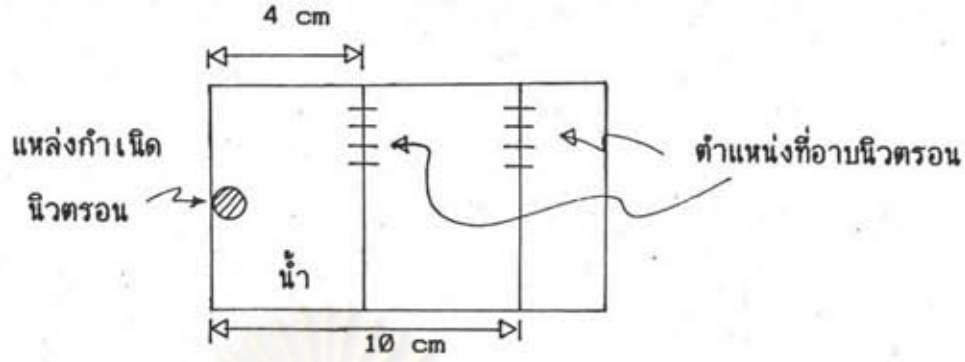
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระยะทางจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน (ซม.)	อัตราการนับ 5 นาทีต่อกรัม	ความคลาดเคลื่อน (%)
4	4943	2
8	3058	2
12	1722	3
16	580	5
20	195	8

ตารางที่ 3.10 แสดงระยะที่อาบนิวตรอนกับนิวตรอนที่วัดได้เมื่อแหล่งกำเนิดนิวตรอนอยู่ริมถัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระยะทางจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน(ซม.)	ระห่างจากแนวกลาง (ซม.)	อัตราการนับต่อ 5 นาทีต่อกรัม	ความคลาดเคลื่อน (%)
10	0	2121	3
	2	1907	3
	4	1480	3
	6	993	4
4	0	4362	2
	2	4170	2
	4	3093	2
	6	2029	3

ตารางที่ 3.11 แสดงระยะที่อาบนิวตรอนกับนิวตรอนกับที่วัดได้เมื่อแหล่งกำเนิดนิวตรอนอยู่ริมถัง

นอกจากนี้ยังได้ผสมกรดโบริกลงไปในน้ำ คนให้กรดโบริกละลายน้ำจนหมดแล้ว ทำการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่แหล่งกำเนิดนิวตรอนอยู่ริมถังได้ผลดังตารางที่ 3.12

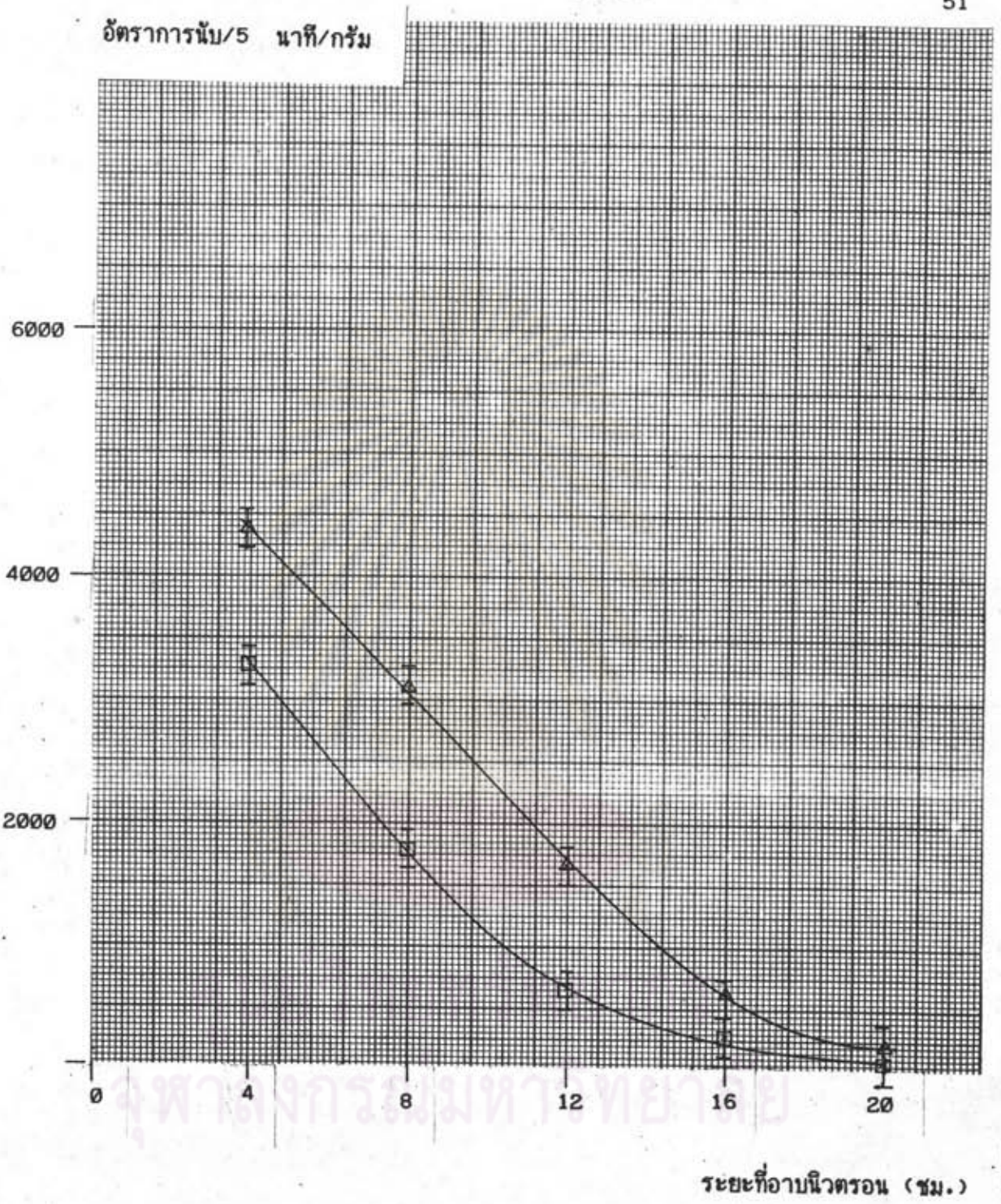
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะทางจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน (ซม.)	อัตราการนับต่อ 5 นาทีต่อกรัม	ความคลาดเคลื่อน (%)
4	3313	2
8	1800	3
12	692	5
16	313	7
20	115	9

ตารางที่ 3.12 แสดงระยะที่อาบนิวตรอนกับนิวตรอนที่วัดได้เมื่อแหล่งกำเนิดนิวตรอนแช่ในน้ำผสมกรดโบริกและอยู่กลางถัง

นำค่าจากตารางที่ 3.10 และจากตารางที่ 3.12 ไปวาดกราฟโดยให้ระยะทางที่อาบนิวตรอนเป็นแกนนอน เพื่อเปรียบเทียบนิวตรอนที่วัดได้จากการวัดโดยวิธีทั้งสอง ดังรูปที่ 3.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.7 แสดงนิวตรอนที่วัดได้เมื่อแหล่งกำเนิดแช่ในน้ำผสมกรดโบริก

นอกจากนี้ยังได้ทำการคำนวณหาค่าแคดเมียมเรโชของแผ่นเงินที่ใช้ในการทดลอง เมื่อใช้แผ่นเงินที่มีความหนาต่าง ๆ กัน โดยอาศัยสมการ (9) ได้ผลดังตารางที่ 3.13

ความหนา (ซม.)	อัตราการนับเมื่อหุ้มแคดเมียม (ครั้ง/5นาที/กรัม)	อัตราการนับเมื่อไม่หุ้มแคดเมียม (ครั้ง/5นาที/กรัม)	แคดเมียมเรโช
0.014	482	2185	4.5
0.011	943	6218	6.7
0.009	1035	7420	7.2

ตารางที่ 3.13 แสดงค่าแคดเมียมเรโชของแผ่นเงินที่มีความหนาต่าง ๆ กัน

2) โดยใช้แผ่นทอง

มีวิธีการทดลองเช่นเดียวกับเมื่อวัดโดยแผ่นเงิน จะต่างกันก็ตรงที่ไอโซโทปกัมมันตรังสีของทองนั้นมีเวลาครึ่งชีวิตนานประมาณ 2.7 วัน ฉะนั้นจึงใช้เวลาในการอาบนิวตรอนนานประมาณ 2-4 วัน และนำออกมาวัดด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ชนิด 1024 ช่อง วัดติดหัววัด ประสิทธิภาพเฉพาะยอดของหัววัดคำนวณได้จากสมการ (13) สำหรับทองนั้นพลังงานของรังสีแกมมา 0.4117 MeV ค่า P = 0.737 ประสิทธิภาพทั้งหมดที่ระยะติดหัววัดหาได้จากตารางที่ 2.3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.420

ดังนั้น ประสิทธิภาพเฉพาะยอดที่ระยะติดหัววัด (E_{pp})

$$E_{pp} = 0.737 \times 0.42$$

$$= 0.31$$

ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3.14

ระยะทางจากแหล่งกำเนิด(ซม.)	อัตราการนับ(x_1) เมื่อหุ้มแคดเมียม	อัตราการนับ(x_2) เมื่อไม่หุ้มแคดเมียม	x_2-x_1	ความคลาดเคลื่อน (%)
4	1199±52	10188±108	8989	4
4	1059±51	6710±91	5651	5
4	688±47	6324±84	5636	7
2	2521±64	17752±138	15231	3
2	5606±85	36342±196	30737	2
2	5606±85	36280±196	30674	2

ตารางที่ 3.14 แสดงอัตราการนับที่ระยะต่าง ๆ จากแหล่งกำเนิดนิวตรอน

หมายเหตุ ค่าแบคกราวด์ของทอง 781 ครั้ง/10 นาที

นำค่าจากตารางที่ 3.14 ไปคำนวณหาค่าเทอร์มาลฟลักซ์ที่ระยะ 4 ซม. โดยใช้สมการ (11) โดยที่ σ = 98.6×10^{-24} บาร์น, N = 2.98×10^{20} อะตอม , E_{rr} = 0.31 , λ = 2.97×10^{-5} วินาที$^{-1}$, δ = 0.25 กรัม/ตร.ซม. , μ_m = 0.3 ตร.ซม./กรัม ค่า G_{th} หาได้จากสมการ (18) ซึ่งได้ว่า G_{th} = 0.88 เมื่อแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ (18) แล้วคำนวณหาค่าของเทอร์มาลฟลักซ์ได้ดังตารางที่ 3.15

ระยะจากแหล่งกำเนิด (ซม.)	เวลาอาบนิวตรอน(t_a) (วัน)	ϕ_{th} (นิวตรอน/ตร.ซม./วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (%)
4	3.70	3.44×10^3	7
4	1.75	3.65×10^3	8
4	1.75	3.65×10^3	10

ตารางที่ 3.15 แสดงค่าเทอร์มาลฟลักซ์ที่ระยะ 4 ซม. จากแหล่งกำเนิดนิวตรอน

ความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 3.15 ช่องสุดท้ายนั้นหาได้จากความคลาดเคลื่อนของการหาค่า G_{th} ซึ่งเกิดขึ้นจากการวัดความหนาของแผ่นทอง มีค่าประมาณ 1 % ความคลาดเคลื่อนจากการชั่งน้ำหนักของแผ่นทอง มีค่าประมาณ 1 % ความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากการหาค่าประสิทธิภาพทั้งหมดของหัวโซเดียมไอโอไดด์จากกราฟ มีค่าประมาณ 1 % และความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดอัตราการนับจากตารางที่ 3.14 นำค่าของความคลาดเคลื่อนที่กล่าวแล้วข้างต้นมารวมกัน

นำค่าฟลักซ์ของเทอร์มาลนิวตรอนที่คำนวณได้ที่ระยะ 4 ซม. เปรียบเทียบกับค่าที่ผู้อื่น[1]ได้คำนวณไว้ ซึ่งมีค่า 5.52×10^3 นิวตรอน/ตร.ซม./วินาที ซึ่งในการทดลองครั้งนี้

---

[1]Akkaramus , Y.,"Neutron Measurement", (Published M.Sc. Thesis, Chulalonglorn University, April, 1968) p. 36

คำนวณได้ 3.58×10^{3} นิวตรอน/ตร.ซม./วินาที

นอกจากนี้ยังได้คำนวณหาค่าแคดเมียมเรโซของแผ่นทองอีกด้วย ซึ่งหาได้จาก ตารางที่ 3.14 และสมการที่ (9) ได้ผลดังตารางที่ 3.16

ระยะจากแหล่งกำเนิด (ซม.)	CdR	CdR_{o}	ความคลาดเคลื่อน (%)
2	6.66	2.02	4
4	8.01	2.26	15

ตารางที่ 3.16 แสดงค่า CdR และ CdR_{o} ของแผ่นทองที่ระยะ 2 และ 4 ซม.

สำหรับค่า CdR. นั้นหาได้จากสมการที่ (10) G_{r} หาได้จากสมการ (7) โดยที่ค่าภาคตัดขวางการดูดกลืนที่ยอดของเรโซแนนซ์ของทองมีค่า 1.5×10^{3} ตร.ซม./กรัม ความหนาของแผ่นทองมีค่า 0.013 ซม. ค่า G_{th} หาได้จากสมการ (8) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของแผ่นทองมีค่า 0.3 ตร.ซม./กรัม แผ่นทองหนา 0.25 กรัม/ตร.ซม. เปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้กับค่า CdR_{o} ที่ผู้อื่น ได้คำนวณไว้[2] ซึ่ง $CdR_{o} = 2.83$

---

[2] Ibid., pp. 28

นอกจากนี้ยังได้ทำการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหลอดไกเกอร์ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อประโยชน์ในการพิจารณาเลือกใช้หลอดไกเกอร์นี้สำหรับผู้อื่นที่ประสงค์จะใช้ โดยอาศัยอัตราการนับของแผ่นทองที่อาบนิวตรอนแล้ว เมื่อวัดด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ประสิทธิภาพของหัววัดโซเดียมไอโอไดด์ และอัตราการนับเมื่อวัดด้วยหลอดไกเกอร์ ซึ่งนับในเวลาเท่ากัน แผ่นทองที่ใช้อาบก็ใช้แผ่นเดียวกัน สามารถคำนวณประสิทธิภาพของหลอดไกเกอร์ได้ประมาณ 6%

3.3 หาแกมมาสเปกตรัมของสารบางชนิด

นำสารตัวอย่างต่าง ๆ ไปอาบนิวตรอน แล้วนำมาหาแกมมาสเปกตรัมโดยใช้เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ชนิด 1024 ช่อง รายละเอียดดังตารางที่ 3.18 สำหรับเกลือและแมงกานีสซึ่งใช้แมงกานีสไดออกไซด์ ต้องนำไปใส่ภาชนะที่ปิดสนิทเสียก่อนที่จะนำไปอาบนิวตรอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารที่ใช้	เวลาอาบนิวตรอน	อัตราการนับ (x_1) (ครั้ง/5 นาที)	Background (x_2) (ครั้ง/5นาที)	x_1-x_2	น้ำหนักสาร (กรัม)	ความคลาดเคลื่อน x	เวลาครึ่งชีวิต
ทองแดง	20 นาที	6218 4039	2859 1416	3359 2623	139.5	3 3	12.87 ชม. 5.15 นาที
อลูมินัม	20 นาที	14771	695	14076	176.7	1	2.3 นาที
เกลือแกง	2 วัน	5830 2034	824 63	4906 1971	51.7	2 2	14.97 ชม.
แมงกานีส	3 วัน	91277	1853	89324	24.6	1	2.58 ชม.
ถ่านไฟ	3 วัน	41667	2320	39347	-	1	-
ทองเหลือง	3 วัน	79055 3727	4742 1889	74213 1838	137.9	1 4	-
เหรียญห้า	1 วัน	8860	2673	6187	-	2	-
เงิน	20 นาที	1873	493	1380	2.3	4	2.3 นาที

ตารางที่ 3.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการนับ น้ำหนักสาร และเวลาการอาบนิวตรอน

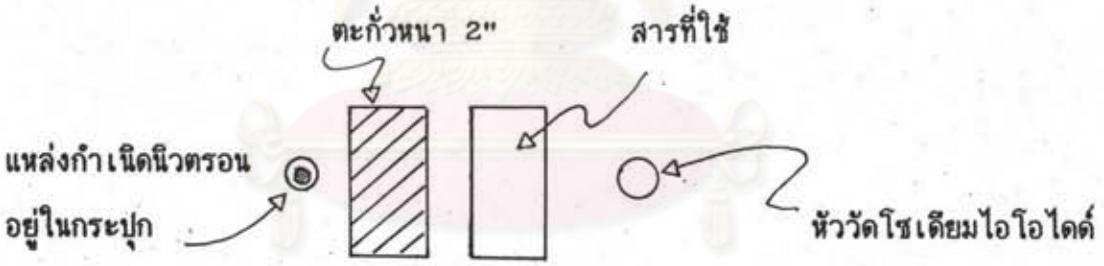
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) นำสารตัวอย่างคือน้ำ มาขวางกั้นทางเดินของนิวตรอน เมื่อนิวตรอนชนกับโปรตรอนซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของน้ำ จะเกิดปฏิกิริยา Radiative Capture ปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมา หาแกมมาสเปกตรัมโดยใช้เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ชนิด 1024 ช่อง หลังจากนั้นก็เปลี่ยนสารตัวอย่างเป็นกรดโบริก โดยนำมาผสมกับน้ำนำมาขวางกั้นทางเดินของนิวตรอน เมื่อนิวตรอนชนกับโบรอนซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของกรดโบริกจะเกิดปฏิกิริยา Radiative Capture ดังสมการ

$$ {}_{5}B^{10} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{3}Li^{7*} + {}_{2}He^{4} + 2.31\ MeV $$

$$ {}_{3}Li^{7*} \longrightarrow {}_{3}Li^{7} + \gamma + 0.478\ MeV $$

แล้ววัดหาแกมมาสเปกตรัมโดยใช้เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ชนิด 1024 ช่อง ดังรูป



สารที่ใช้	น้ำหนักสาร (กรัม)	อัตราการนับ(x_1) (ครั้ง/5นาที)	Back Ground (x_2) (ครั้ง/5 นาที)	x_1-x_2	ความคลาดเคลื่อน (%)
กรดโบริก	24.65	69907	1209	68698	1
น้ำ	-	26871	97	26774	1

ตารางที่ 3.18 แสดงอัตราการนับกับสารตัวอย่างที่ใช้