บทที่ 3

การวิเคราะห์โดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน

ทังสะเตน (สัญญลักษณ์ W) มีเลขอะตอม 74 มีภาคตัดขวางสำหรับปฏิกิริยานิวเคลียร์กับเทอร์มอลนิวตรอน (พลังงานประมาณ 0.025 eV.) 40×10^{-24} ตารางเซนติเมตร เมื่อนำทังสะเตนไปอาบนิวตรอนจะเกิดปฏิกิริยา (n, γ) ตามสมการ 3.1

$$_{74}W^{186} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{74}W^{187} + \gamma \ldots\ldots\ldots 3.1$$

ทังสะเตนกัมมันตรังสีมีครึ่งชีวิต[7] 25 ชั่วโมง ถ้าทังสะเตนปนอยู่ในทรายหรือในสารอื่นที่มีภาคตัดขวางสำหรับเทอร์มอลนิวตรอนน้อย เราก็สามารถวิเคราะห์ทังสะเตนโดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชันได้ สารที่ปนอยู่ในแร่ซีไลท์ส่วนใหญ่คือทรายซึ่งประกอบด้วยซิลิกอนเป็นธาตุสำคัญ ซิลิกอนมีภาคตัดขวางสำหรับเทอร์มอลนิวตรอน 0.12×10^{-24} ตารางเซนติเมตร และเกิดปฏิกิริยา (n, γ) มีครึ่งชีวิต 170 นาที ดังนั้นถ้าเอาทรายที่มีทังสะเตนปนอยู่ไปอาบเทอร์มอลนิวตรอน รังสีแกมมาส่วนใหญ่จะได้จากการสลายตัวของทังสะเตนกัมมันตรังสี การรบกวนของรังสีแกมมาจากซิลิกอนมีเพียงเล็กน้อย และถ้าให้เวลารอคอยนานพอสมควร การรบกวนของรังสีแกมมาจากซิลิกอนก็จะหมดไป

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ก. หลอดแก้วทดลองขนาดเท่ากัน

ข. ต้นกำเนิดนิวตรอนเรเดียมเบอริลเลียม

ค. หัววัดโซเดียมไอโอไดด์ขนาด 2 นิ้วแบบมีหลุม

002420

---

[7] Ralph E. Lapp, and Howard L. Andrews, Nuclear Radiation Physics, (Englewood Cliffs : Prentice-Hall, Inc., 1964), p. 265.

I 17048989

3.2 สารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ก. สารตัวอย่างได้แก่แร่ชีไลท์จากดอยหมอกและลำปาง

ข. สารมาตราฐานได้แก่ $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ ซึ่งมีทังสะเตนร้อยละ 55.7 โดยน้ำหนัก

3.3 การดำเนินการทดลอง

3.3.1 เพื่อหาว่ามีธาตุอื่นนอกจากทังสะเตนปนอยู่ในแร่ชีไลท์หรือไม่ พิจารณาจากครึ่งชีวิตของแร่ชีไลท์กัมมันตรังสี โดยทำการทดลองดังนี้

ก. นำแร่ชีไลท์จากดอยหมอกไปอาบรังสีนิวตรอน ใช้เวลาอาบประมาณ 5 เท่าของครึ่งชีวิตของทังสะเตน แล้วนำมาวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัดโซเดียมไอโอไดด์แบบมีหลุมอ่านอัตราการนับ วัดแบคกราวน์ (background) และจับเวลารอดอยซึ่งผลการทดลองแสดงในตาราง 3 – 1

ข. เขียนกราฟระหว่างอัตราการนับกับเวลารอดอยในมาตราส่วนเซมิล็อก (semi-log scale) จะได้กราฟเส้นตรง หาครึ่งชีวิตตามรูป 3 – 1 โดยลากเส้นตรงจากจุดที่อัตราการนับลดลงครึ่งหนึ่งขนานกับแกนนอน (เวลารอดอย) ไปตัดเส้นกราฟ และจากจุดตัดลากเส้นตรงขนานกับแกนตั้ง (อัตราการนับ) ไปตัดแกนนอนที่จุดใดเป็นครึ่งชีวิต ซึ่งได้ 24.5 ชั่วโมง

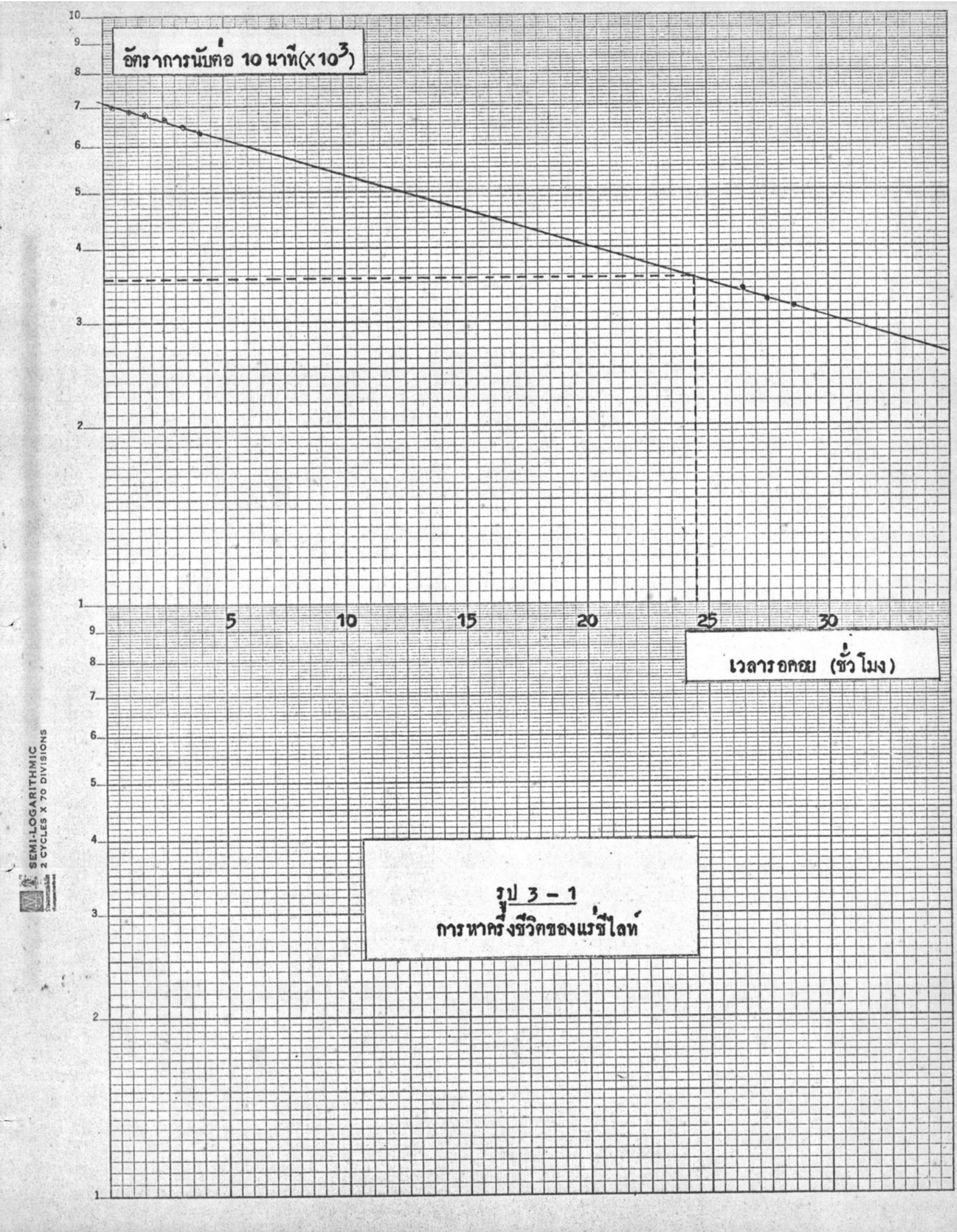
เมื่อพิจารณาจากกราฟไม่ปรากฏว่ามีการรบกวนจากสารกัมมันตรังสีอื่น แสดงว่ามีธาตุทังสะเตนเท่านั้นที่เป็นกัมมันตรังสีในแร่ชีไลท์

ตาราง 3 – 1 อัตราการนับกับเวลารอคอยของแร่ซีไลท์คอยหมอก

(อายุวิวรอน 138.33 ชั่วโมง)

เวลารอคอย (ชั่วโมง)	อัตราการนับ ยังไม่หักแบคกราวน์ (ครั้งต่อ 10 นาที)	แบคกราวน์ (ครั้งต่อ 10 นาที)	อัตราการนับ เมื่อหักแบคกราวน์ (ครั้งต่อ 10 นาที)
0.350	10365	3365	7000
1.116	10263	3401	6862
1.833	10065	3275	6790
2.583	9917	3247	6670
3.333	9864	3373	6491
4.033	9585	3286	6299
26.500	6960	3344	3416
27.500	6720	3371	3249
28.650	6160	2975	3185

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย



รูป 3 – 1
การหาครึ่งชีวิตของแร่ซีไลท์

3.3.2 เพื่อหาร้อยละโดยน้ำหนักของทังสะเตนในแร่ชีไลท์ นำแร่ชีไลท์จากดอยหมอก ลำปาง และสารมาตราฐาน ที่มีปริมาตรเท่ากัน บรรจุหลอดแก้วแล้วนำไปอาบนิวตรอน โดยให้หลอดแก้วทุกหลอดห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอนเท่ากัน ใช้เวลาอาบนิวตรอนประมาณครึ่งชีวิตของทังสะเตน นำออกมาวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัดโซเดียมไอโอไดด์ เพื่อเปรียบเทียบหาน้ำหนักทังสะเตนในแร่ชีไลท์ และเพื่อที่จะไม่ต้องแก้เวลารอคอยใช้วิธีวัดแร่ชีไลท์ดอยหมอก ลำปาง และสารมาตราฐาน สลับกันอย่างละ 5 ครั้ง แล้วหาอัตราการนับเฉลี่ย

ผลการทดลองแสดงในตาราง 3 – 2 และการหาร้อยละโดยน้ำหนักของทังสะเตนในแร่ชีไลท์แสดงตามตัวอย่าง 3.3.2.1

ตาราง 3 – 2 อัตราการนับและร้อยละโดยน้ำหนักของทังสะเตนในแร่ชีไลท์
ค่าแบคกราวน์ประมาณ 8100 ครั้งต่อ 10 นาที

สารที่อาบนิวตรอน	ครั้งที่	ความสูงของสารในหลอดแก้ว (ซ.ม.)	น้ำหนักสาร (กรัม)	เวลาที่ใช้อาบ (ชั่วโมง)	อัตราการนับสุทธิ (ครั้งต่อ 10 นาที)	ร้อยละโดยน้ำหนักของ W ในสาร	หมายเหตุ
สารมาตราฐาน	1	3.5	6.590	21	3318 ± 139	55.7	หลอดแก้วเล็ก
($Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$)	2	3	9.145	22.08	4407 ± 145	55.7	หลอดแก้วใหญ่
	3	2	5.490	21	3223 ± 136	55.7	หลอดแก้วเล็ก
แร่ชีไลท์ดอยหมอก	1	3.5	11.045	21	12745 ± 169	50.9	หลอดแก้วเล็ก
	2	3	15.165	22.08	7030 ± 152	53.5	หลอดแก้วใหญ่
	3	2	9.325	21	5407 ± 146	54.8	หลอดแก้วเล็ก
แร่ชีไลท์ลำปาง	1	3.5	10.510	21	11322 ± 165	47.5	หลอดแก้วเล็ก
	2	3	15.040	22.08	6519 ± 152	50.0	หลอดแก้วใหญ่
	3	2	9.120	21	4813 ± 143	49.9	หลอดแก้วเล็ก

3.3.2.1 ตัวอย่างการคำนวณ (จากการทดลองครั้งที่ 1)

สารมาตราฐาน 330 กรัมมีทังสะเตน 184 กรัม

สารมาตราฐาน 6.590 กรัมมีทังสะเตน $\frac{184}{330} \times 6.590$ กรัม

$= 3.67$ กรัม

นั่นคือ สารมาตราฐานนับ 3318 ครั้ง มีทังสะเตน 3.67 กรัม

∴ แร่ชีไลท์ดอยหมอกนับ 12745 ครั้ง มีทังสะเตน $\frac{3.67}{3318} \times 12745$ กรัม

$= 5.62$ กรัม

ร้อยละโดยน้ำหนักของทังสะเตนในแร่ดอยหมอก $= \frac{5.62}{11.045} \times 100$

$= 50.9$

ร้อยละโดยน้ำหนักของทังสะเตนในแร่ชีไลท์ที่แสดงในตาราง 3 – 2 ปรากฏว่าเมื่อสารที่ใช้วิเคราะห์มีปริมาณต่างกันได้ค่าต่างกันทั้ง ๆ ที่เป็นสารเดียวกัน สันนิษฐานว่าเป็นเพราะการกำบังตัวเอง (self-shielding effect) ของสารซึ่งทำให้นิวตรอนฟลักซ์ในสารมีค่าน้อยกว่าปกติ สารที่อาบนิวตรอนถูกอาบที่บริเวณผิวเป็นส่วนมาก

3.3.3 เพื่อเป็นการพิสูจน์ข้อสันนิษฐานในข้อ 3.3.2 จึงทำการทดลองต่อไป ดังนี้คือ ใช้แร่ชีไลท์ดอยหมอกที่มีน้ำหนักต่าง ๆ กันคือ 5 กรัม 4 กรัม 3 กรัม 2 กรัม และ 1 กรัม นำไปอาบนิวตรอน ณ ตำแหน่งที่นิวตรอนฟลักซ์มีค่าเท่ากัน แล้วนำออกมาวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัดโซเดียมไอโอไดด์ ได้อัตราการนับ S วัดแบกกราวน์ได้ B หาอัตราการนับสุทธิได้ S–B แต่เนื่องจากเวลาที่ใช้อาบนิวตรอนและเวลารอคอยไม่เท่ากัน จึงแก้เวลาให้เป็นอัตราการนับที่เวลาอาบนิวตรอนเป็น ∞ และเวลารอคอยเป็น 0 ซึ่งได้อัตราการนับสุทธิเป็น C_0^{∞} หา C_0^{∞} ต่อกรัม ดังผลการทดลองตามตาราง 3 – 3

ตาราง 3 – 3 อัตราการนับต่อกรัมของแร่ซีไลท์ดอยหมอก

น้ำหนักสารกรัม	เวลาอาบนิวตรอน (ชั่วโมง)	เวลารอกอย (นาที)	S (ครั้งต่อนาที)	B (ครั้งต่อนาที)	S–B (ครั้งต่อนาที)	C_o^{∞} (ครั้งต่อนาที)	C_o^{∞} ต่อกรัม (ครั้งต่อนาทีต่อกรัม)
5	80	51	958	311	647	744	149
4	22.50	60	597	317	280	616	154
3	23	62	550	316	234	512	171
2	118.50	65	686	348	338	356	178
1	48	62	461	333	128	191	191

จากตาราง 3 – 3 จะเห็นว่าเมื่อใช้สารที่มีน้ำหนักต่างกันไปอาบนิวตรอนฟลักซ์ค่าเดียวกัน แม้จะแก้เวลาอาบและเวลารอคอยให้เท่ากัน แต่อัตราการนับต่อกรัมก็ยังไม่เท่ากัน แสดงว่าเกิดการกำบังตัวเองอย่างรุนแรง กล่าวคือสารถูกอาบนิวตรอนเฉพาะบริเวณผิวเป็นส่วนใหญ่ ด้วยเหตุนี้สารที่มีน้ำหนักน้อย เช่น 1 กรัม จึงมีอัตราการนับต่อกรัมมากกว่าสารที่มีน้ำหนักมาก เช่น 5 กรัม จึงสรุปได้ว่าการวิเคราะห์ชนิดนี้โดยอุปกรณ์ที่มีอยู่ยังมีความไม่เหมาะสมอยู่มาก ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในบทที่ 5