บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ทังสะเตน (สัญญลักษณ์ W) เลขอะตอม 74 มีไอโซโทปในธรรมชาติหลายชนิดด้วยกัน แต่ที่มีมากที่สุดคือประมาณ 28.7 % คือทังสะเตนที่เลขมวล 186 ซึ่งไอโซโทปนี้มีภาคตัดขวางสำหรับปฏิกิริยานิวเคลียร์ กับเทอร์มัลนิวตรอน (พลังงาน .025 eV) 40×10^{-24} ตร.ซ.ม. เมื่อนำทังสะเตนไปอาบนิวตรอนจะเกิดปฏิกิริยา (n , γ) ตามสมการ

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

${}^{187}_{74}W$ เป็นทังสะเตนกัมมันตรังสี มีครึ่งชีวิต 25 ชั่วโมง ถ้าทังสะเตนปนอยู่กับสารอื่นซึ่งมีภาคตัดขวางต่อเทอร์มัลนิวตรอนน้อย เมื่อนำไปอาบนิวตรอนสารเหล่านี้จะไม่จับนิวตรอนไว้ นิวตรอนสามารถทะลุเข้าไปในสารตัวอย่างได้ จากการใช้ตัวอย่างที่เป็นส่วนผสมของแร่ชีไลท์ ($CaWO_4$) ซึ่งทังสะเตนส่วนมากปนอยู่ในแร่กับทราย ส่วนใหญ่คือทรายซึ่งประกอบด้วยซิลิคอนเป็นธาตุสำคัญ ซิลิคอนมีภาคตัดขวางสำหรับเทอร์มัลนิวตรอน 0.12×10^{-24} ตร.ซ.ม. เมื่อเกิดปฏิกิริยา (n , γ) ได้ไอโซโทปที่มีครึ่งชีวิต 170 นาที

ดังนั้นถ้าเอาทรายที่มีทังสะเตนปนอยู่ไปอาบเทอร์มัลนิวตรอน รังสีแกมมาส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของทังสะเตนกัมมันตรังสี การรบกวนของรังสีแกมมาจากซิลิคอนมีเพียงเล็กน้อย

3.1 อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ก. หัววัด NaI(Tl) ขนาด 3" x 3" พร้อมทั้งชุดเครื่อง Multichannel analyzer 1024 channels

ข. ขวดโพลีเอทธีลีน ขนาดเล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซ.ม. สูง 5.5 ซ.ม.
ขนาดกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 ซ.ม. สูง 4.5 ซ.ม.

ค. ต้นกำเนิดนิวตรอนแบบเรดิโอไอโซโทป Pu - Be 5 คูรี

ง. สารมาตรฐาน W บริสุทธิ์ 99.99% และผง WO_3

จ. สารผสมตัวอย่าง ผง Fe_2O_3 และทรายบริสุทธิ์

ฉ. เครื่องชั่งอย่างละเอียด

ช. ต้นกำเนิดรังสีแกมมาที่ทราบค่าพลังงาน มี

Co^{60}	1.17 ,	1.33	MeV
Na^{22}	1.27 ,	.51	MeV
Cs^{137}	.66		MeV

3.2 ทำการทดลองแบบคุณภาพวิเคราะห์ (Qualitative Analysis)

เป็นการทดลองว่าสารตัวอย่างมีธาตุทังสะเตนปนอยู่หรือไม่ ทำการทดลองโดยนำสารมาตรฐานในข้อ 3.1 ช. มาวัดด้วยหัววัด NaI(Tl) และเครื่องนับในข้อ 3.1 ก. แล้วเขียนกราฟระหว่างพลังงานของรังสีแกมมากับจำนวนช่อง (Channel number) ของพีค (peak) จะได้กราฟเส้นตรง

นำสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ไปอาบนิวตรอนโดยเลือกใช้เวลาพอเหมาะ เพื่อนำไปวัดรังสีแกมมาแล้วปรากฏพีคชัดเจนในช่วงเวลาอันสั้นแล้ว

แล้วดูว่าพีคอยู่ในช่องใดบ้าง เอาค่าตำแหน่ง Channel ที่ได้มาอ่านค่าพลังงานในกราฟ ถ้าได้ค่าพลังงานของรังสีแกมมาใกล้เคียงกับของทังสะเตนคือได้พีค 2 พีคมีค่าพลังงาน .686 และ .480 MeV จะได้ลักษณะของพีคเป็นเช่นนี้

เปรียบเทียบสเปคตรัมของสารมาตรฐานทังสะเตนกับสเปคตรัม ของตัวอย่าง

ก็บอกได้ว่ามีธาตุทังสะเตนปนอยู่ด้วย ดูรูปที่ 4.1

3.3 <u>ทดลองเกี่ยวกับการกำบังตัวเอง</u> (Self-shielding)

3.3.1 นำทังสะเตนบริสุทธิ์มาชั่งให้มีน้ำหนักต่าง ๆ กันบรรจุในหลอดพลาสติกขนาดเล็กแล้วนำไปอาบนิวตรอน วัดรังสีแกมมาใช้เวลานับ 600 วินาที ทุกครั้ง แล้วเขียนกราฟระหว่างจำนวนนับทั้งหมดกับน้ำหนักของทังสะเตนและทำการทดลองแบบเดียวกันนี้แต่ใช้ WO_3 แทน W

3.3.2 นำ WO_3 น้ำหนักต่าง ๆ กันผสมกับ Fe_2O_3 ให้มีปริมาตรประมาณ $\frac{3}{4}$ ของหลอดเขย่านาน ๆ พยายามให้ผสมให้เข้ากันมากที่สุด เมื่อผสมกันแล้วพยายามให้มีปริมาตรเท่ากันเพราะต้องการให้ได้รับนิวตรอนปริมาณเท่า ๆ กัน แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1

ทำการทดลองซ้ำแต่ผสมทรายบริสุทธิ์ ($Si O_2$ ส่วนมาก) แทน Fe_2O_3

ตลอดการทดลองวัดปริมาณรังสีแกมมาที่พีค .485 MeV เพราะที่พลังงานนี้มีความเข้มของรังสีแกมมาออกมามากกว่าทำให้วัดได้ถูกต้องง่ายกว่า

3.4 <u>การวิเคราะห์หาปริมาณทังสะเตนในสารชนิดต่าง ๆ</u>

3.4.1 นำสารที่ต้องการหาปริมาณทังสะเตนมาปริมาณน้อย ๆ แล้วผสมผง Fe_2O_3 ให้มีปริมาตรประมาณ $\frac{3}{4}$ ของหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน นำ WO_3 ที่มีปริมาณใกล้เคียงกับสารตัวอย่างผสมกับ Fe_2O_3 เช่นเดียวกับนำไปอาบนิวตรอน โดยมัดหลอดทดลองทั้งสองให้ติดกันโดยการวางอย่าให้บังกัน คือให้มีโอกาสรับนิวตรอนเท่า ๆ กัน โดยอาบนิวตรอนไว้ประมาณ 6 เท่าของครึ่งชีวิต เมื่อนำออกวัดปริมาณรังสีแกมมาได้แล้ว คำนวณหาน้ำหนักของทังสะเตนโดยการเปรียบเทียบความแรงของรังสีแกมมา

3.4.2 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.4.1 แต่เปลี่ยนสารที่ผสมจาก Fe_2O_3 เป็นทรายบริสุทธิ์

3.4.3 นำสารตัวอย่างประมาณ .5 กรัม **(ใช้ปริมาณน้อยเพื่อลดการเกิดการกำบังตัวเอง)** ทำการทดลองเทียบกับทังสะเตนบริสุทธิ์ที่มีปริมาตรเท่า ๆ กัน

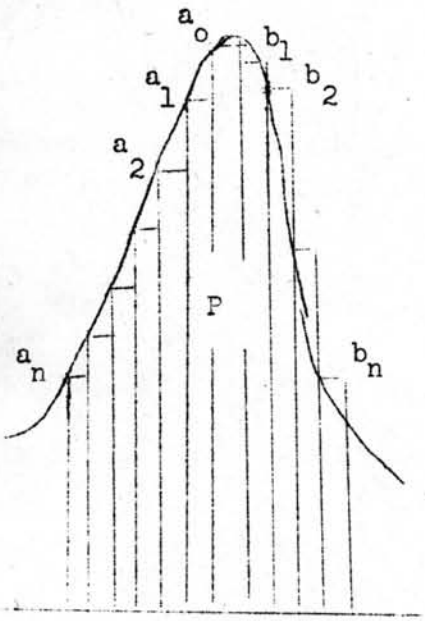
3.5 <u>การหาความไวของการวิเคราะห์</u>

ทำการทดลองตามข้อ 3.4 แต่ลดปริมาณทังสะเตนลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงค่าต่ำสุดที่สามารถวัดได้อย่างถูกต้อง น้ำหนักของทังสะเตนนั้นจะเป็นค่าความไวของการวิเคราะห์

3.6 <u>การคำนวณค่าความแรงของรังสี</u>

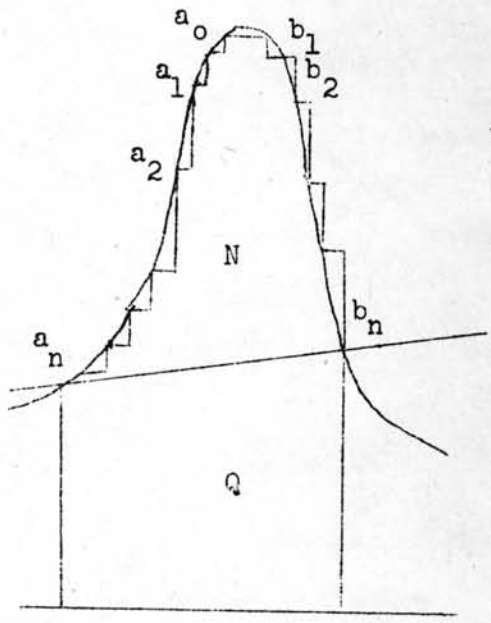
การคำนวณค่าความแรงของรังสีแกมมาใช้วิธีของ Covell[5] (1959)

คือวิธีคำนวณพื้นที่ใต้พีคของสเปคตรัมของรังสีแกมมาที่ปรากฏ ความแรงของรังสีได้จากพื้นที่ทั้งหมดของพีค หักลบด้วยพื้นที่ฐานดังรูป



รูปที่ 3.1

ความแรงรังสีแสดงด้วย bar graph



รูปที่ 3.2

พื้นที่ภายใต้ peak

ให้ a_o = ความแรงรังสีสูงสุดของพีค

$a_1, a_2 \cdots, a_n$ = ความแรงรังสีในพีคทางด้านซ้ายของ a_o

$b_1, b_2 \cdots, b_n$ = ความแรงรังสีในพีคทางด้านขวาของ a_o

P = ความแรงรังสีทั้งหมด

Q = ความแรงรังสีของพื้นที่ฐาน

N = ความแรงรังสีภายใต้พีค

จะได้ $N = P - Q$

แต่ $P = a_o + \sum_{1}^{n} a_i + \sum_{1}^{n} b_i$

และ $Q = \frac{(2n - 1)(a_n + b_n)}{2} + a_n + b_n$

$= (n + \frac{1}{2})(a_n + b_n)$

แทนค่า P และ Q จะได้

$$N = a_o + \sum_{1}^{n} a_i + \sum_{1}^{n} b_i - (n + \tfrac{1}{2})(a_n + b_n) \quad \ldots\ldots (1)$$

แต่กรณีที่ Q มีค่าน้อยกว่า N มาก จึงไม่คิดค่าของ Q เราอาจหาความแรงของรังสีได้โดยสูตร

$$\frac{\text{ปริมาณของทังสะเตนในสารตัวอย่าง}}{\text{ปริมาณของทังสะเตนในสารมาตรฐาน}} = \frac{\text{ความแรงรังสีในสารตัวอย่าง}}{\text{ความแรงรังสีในสารมาตรฐาน}}$$

3.7 <u>ศึกษาเกี่ยวกับปริมาตรและภาชนะที่บรรจุสารตัวอย่าง</u>

3.7.1 ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 แต่เปลี่ยนให้ปริมาตรของ ๆ ผสมเป็นครึ่งหนึ่งของที่เคยทำ

3.7.2 ใช้ WO_3 ใส่ขวดขนาดเล็ก และขนาดกลางอาบนิวตรอนที่ตำแหน่งเดียวกันและใช้เวลาเท่ากัน เปรียบเทียบความแรงของรังสีที่ได้

3.8 <u>วิธีคำนวณ</u>

สารตัวอย่างหนัก 5.52 กรัม

ผสม $Fo_2 O_3$ 2.29 กรัม อาบนิวตรอนแล้วนับได้ $5365/_{600}$ วินาที
อาบรังสีพร้อมกับ WO_3 ผสม $Fe_2 O_3$ ในของผสมมี W = 1.369 กรัม
อาบนิวตรอนวัดได้ $4601/_{600}$ วินาที

จำนวนนับ 4601 มีทังสะเตน 1.369 กรัม

5365 มีทังสะเตน $1.369 \times \frac{5365}{4601}$

$= 1.596$ กรัม

สารตัวอย่าง 5.52 กรัม มีทังสะเตน 1.596 กรัม

สารตัวอย่าง 100 กรัม มีทังสะเตน 28.9 กรัม

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.3 ถังบรรจุต้นกำเนิดนิวตรอนแบบพลูโตเนียม–เบอริลเลียม ที่ใช้ในการทดลอง