บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิเคราะห์

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1.1 เครื่องมือวัดรังสีชนิดแกมมาสเปคโตรมิเตอร์

เครื่องมือวัดรังสีชนิดนี้ประกอบด้วยหัวสำหรับวัด ซึ่งใช้ผลึกของโซเดียมไอโอไดด์ NaI(Tl) เป็นตัวซินทิลเลเตอร์ ต่ออยู่กับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier tube) และพรีแอมพลิไฟเออร์ (Pre-amplifier) โดยมีไฟฟ้าศักย์สูง(High Voltage Power Supply) มาเลี้ยงหลอด จากหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ต่อไปยังเครื่องขยายสัญญาน (Linear Amplifier) และเครื่องมัลติชันแนลอันนาไลเซอร์(Multichannel Analyzer) Model 8100/e 1024 Channels ของ CANBERRA INDUSTRIES, MERIDEN, CONNECTICUT ซึ่งมีดีสคริมิเนเตอร์ (Discriminators) อยู่ เพื่อเลือกความสูงของสัญญาน (Pulse Height Analyzer) เพื่อไปเข้าเครื่องนับ (Scaler) และต่อไปยังเครื่องพิมพ์ (Printer) ดังแผนภาพรูปที่ 6

หัวสำหรับวัด (detector) มีขนาด 3" x 3" เป็นแบบมีหลุม (Welled crystal type) ซึ่งอยู่ภายในท่อทำด้วยตะกั่วและกำบังด้วยตะกั่ว หนา 5 เซนติเมตร หลุมลึก 55 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของขอบหลุม 17 มิลลิเมตร (ดูรูปที่ 7)

การทำงานของเครื่องมือชนิดนี้อธิบายได้ง่าย ๆ ดังนี้ เมื่อมีรังสีแกมมาผ่านเข้ามาในผลึกของโซเดียมไอโอไดด์ จะเกิดอันตรกริยา (interaction) แบบต่าง ๆ ได้ 3 แบบ ดังนี้คือ

ก. แบบโฟโตอิเลคตริก (Photoelectric Effect)

ข. แบบคอมป์ตัน (Compton Scattering)

ค. แบบอิเลคตรอนคู่ (Pair Production)

ก. <u>แบบโฟโตอิเลคตริก (Photoelectric Effect)</u> เป็นขบวนการที่โฟตอนเกิดอันตรกริยากับอะตอมของวัตถุนั้น ๆ โดยถ่ายเทพลังงานให้แก่อิเลคตรอนในเชล (shell) ใดเชลหนึ่งจนหมด แล้วอิเลคตรอนตัวนั้นก็จะหลุดออกจากวงจร โดยมีพลังงานจลน์เท่ากับพลังงานของรังสีแกมมานั้นลบด้วย binding energy ของเชลที่อิเลคตรอนตัวนั้นอยู่ และเมื่ออิเลคตรอนในเชลหนึ่งหลุดออกไปอิเลคตรอนที่อยู่ในเชลถัดไปก็จะเคลื่อนเข้าแทนที่ต่อ ๆ กัน พร้อมกับเกิดรังสีเอกซ์ติดตามมาด้วย

ข. <u>แบบคอมป์ตัน (Compton Scattering)</u> ขบวนการนี้เหมือนกับการชนของลูกบิลเลียด คือ โฟตอนเกิดอันตรกริยากับอะตอมของวัตถุโดยวิ่งชนอิเลคตรอนในเชลใดเชลหนึ่ง แล้วถ่ายเทพลังงานให้อิเลคตรอนไม่หมด นั่นคือพลังงานส่วนหนึ่งจะถูกถ่ายเทให้อิเลคตรอนตัวที่ถูกชนนั้นกระเด็นออกไป และพลังงานส่วนที่เหลือก็จะเป็นโฟตอนที่มีความยาว คลื่นยาวกว่าเดิม พร้อมทั้งทิศทางก็เปลี่ยนไปจากเดิมด้วย

006696

ค. <u>แบบอิเลคตรอนคู่ (Pair Production)</u> ขบวนการนี้เกิดขึ้นในบริเวณสนามคูลอมบ์ (Coulomb field) ของนิวเคลียส คือ เมื่อรังสีแกมมาผ่านเข้าใกล้นิวเคลียสใด จะเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่ง คือรังสีแกมมานั้นหายไปแล้วเกิดอิเลคตรอนและโปสิตรอนขึ้นมาแทนคู่หนึ่ง โดยพลังงานของรังสีแกมมานั้นกลายเป็นพลังงานจลน์ของอิเลคตรอนและโปสิตรอนบวกกับ rest energy ของอนุภาคทั้งสองนี้ ($h\nu = E^- + E^+ + 2m_oc^2$) สำหรับโปสิตรอนที่เกิดขึ้นเมื่อวิ่งไปก็จะสูญเสียพลังงาน ทำให้ตัวเองวิ่งช้าลง ๆ จนในที่สุดเมื่อพบกับอิเลคตรอนก็จะรวมกันหายตัวไปทั้งคู่ กลายเป็นโฟตอนสองตัววิ่งออกจากกันในทิศทางตรงข้าม โดยแต่ละตัวมีพลังงานเท่ากันคือ เท่ากับ rest energy (m_oc^2) นั่นคือ 0.51 MeV และโฟตอนที่เกิดขึ้นแบบนี้เรียกว่า Annihilation photon ด้วยเหตุนี้จึงเห็นได้ว่าปฏิกริยาแบบ pair production จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อรังสีแกมมามีพลังงานมากกว่า $2m_oc^2$ คือ 1.02 MeV

i 1833499 4

ในแต่ละชนิดของอันตรกริยา พลังงานของรังสีที่เข้ามาจะถ่ายทอดให้กับอิเลคตรอนในอะตอมของโซเดียมไอโอไดด์ซึ่งเป็นตัวรุ่งแสง (phosphor) พลังงานที่ให้จะอยู่ในรูปของพลังงานจลน์ของอิเลคตรอน และเมื่ออิเลคตรอนหยุดวิ่งพลังงานจลน์ของมันจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของแสง โดยที่ปริมาณแสงที่ออกมา จะเป็นสัดส่วนกับพลังงานของรังสีที่เข้าไป

หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงที่เกิดขึ้นเป็นสัญญานไฟฟ้า สัญญานที่ออกมาจะเข้าไปยังเครื่องขยายสัญญานซึ่งจะขยายสัญญานให้โตขึ้น คือมีศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้น แล้วส่งเข้าดิสคริมิเนเตอร์หรือเครื่องเลือกความสูงของสัญญาน จากนั้นจะส่งเข้าเครื่องนับและเครื่องพิมพ์ พิมพ์ผลการนับออกมาตามจำนวนช่อง (channel number) ที่ต้องการ

3.1.2 <u>หลอดใส่สาร</u>

หลอดใส่สารเป็นรูปทรงกระบอกมีฝาปิด ทำด้วยปลาสติก (Polyethylene) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร และสูงประมาณ 60 มิลลิเมตร (ดูรูปที่ 7)

3.1.3 <u>สารมาตรฐานและสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์</u>

สารมาตรฐานที่ใช้ มีดังนี้

ก. KCl A.R. ของ MERCK น้ำหนัก 6.7108 กรัม

ข. NBS 76-B 0.01% U น้ำหนัก 9.15934 กรัม

ค. NBS No.8 0.05% U น้ำหนัก 8.83670 กรัม

ง. No.13 0.0201% Th น้ำหนัก 7.11092 กรัม

จ. Torbernite

ฉ. Uraninite

สารตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์หาโปแตสเซียม ยูเรเนียม และธอเรียม ได้แก่ แร่โปแตช แร่แซนด์สโตน และ แร่เฟลด์สปาร์

3.1.4 การเตรียมสารตัวอย่าง

เตรียมสารตัวอย่างโดยบดด้วยโกร่ง (mortar) ให้ละเอียด บรรจุสารตัวอย่างลงในหลอดปลาสติกให้เต็ม ชั่งน้ำหนักของสารตัวอย่าง สารตัวอยางในแต่ละตัวอย่างจะเตรียมใส่หลอดไว้ 2 หลอด สำหรับแร่โปแตชซึ่งมีความชื้น ต้องอบให้แห้งที่อุณหภูมิ ประมาณ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 4 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องโดยใส่ไว้ในเดสสิเคเตอร์แล้วจึงบรรจุลงในหลอดใส่สาร

3.2 การหาค่าคงที่

ก่อนการทดลองได้ปรับตั้งเครื่องวัดแกมมาสเปคโตรมิเตอร์ดังนี้ คือ

ก. ไฟฟ้าศักย์สูง (High Voltage Power Supply)900โวลต์

ข. แอมปลิฟายเออร์ มี coarse gain 20 fine gain 0.5

ค. ดิสคริมิเนเตอร์ มี LLD 0.10โวลต์ ULD 10 โวลต์

ง. เวลา (Preset Time) 4000 วินาที

ค่าคงที่เรียกว่า สตริบปิง เรโช (Stripping ratio) มีอยู่ 3 ค่า ด้วยกันคือ a, b และ c ได้ใช้สารมาตรฐานตั้งแต่ ข – ฉ จากข้อ 3.1.3 วัดอัตราการนับ (count rate) ของสารมาตรฐานแต่ละอย่างและวัดอัตราการนับของแบคกราวน์ด้วย

3.2.1 ค่า a และ b

ใช้สารมาตรฐาน ง จากข้อ 3.1.3 สารมาตรฐานจะให้แกมมาสเปคตรัม 3 ชนิด คือ แกมมาสเปคตรัมของ $^{40}_{19}K$, U (ซึ่งเป็น $^{214}_{83}Bi$) และ Th (ซึ่งเป็น $^{208}_{81}Tl$) หลังจากหักแบคกราวน์ออกแล้ว จะคำนวณค่า a และ b ได้ดังนี้

$$a = \frac{\text{อัตราการนับทั้งหมดในช่วงของ U}}{\text{อัตราการนับทั้งหมดในช่วงของ Th}}$$

$$b = \frac{\text{อัตราการนับทั้งหมดในช่วงของ K}}{\text{อัตราการนับทั้งหมดในช่วงของ Th}}$$

3.2.2 ค่า c

ใช้สารมาตรฐาน ข ค จ และ ฉ จากข้อ 3.1.3 วิธีการวัดเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1

$$c = \frac{\text{อัตราการนับทั้งหมดในช่วงของ K}}{\text{อัตราการนับทั้งหมดในช่วงของ U}}$$

3.3 การหาปริมาณของโปแตสเซียม ยูเรเนียม และธอเรียม โดยใช้แกมมาสเปคโตรมิเตอร์

ในการวัดรังสี หัววัดรังสีที่ใช้เป็นชนิดมีหลุม และเครื่องมือตามรูปที่ 6

3.3.1 หาปริมาณโปแตสเซียม ยูเรเนียม และธอเรียมในแร่โปแตช

แร่โปแตชเมื่อวัดด้วยเครื่องแกมมาสเปคโตรมิเตอร์จะให้สเปคตรัมของธาตุ 3 ธาตุด้วยกัน ซึ่งมีพลังงานต่าง ๆ กัน สเปคตรัมที่ได้จะมีดังนี้

สเปคตรัมของ $_{19}K^{40}$ มีพลังงาน 1.46 MeV เป็นของธาตุ K

สเปคตรัมของ $_{83}^{214}Bi$ มีพลังงาน 1.76 MeV เป็นของธาตุ U

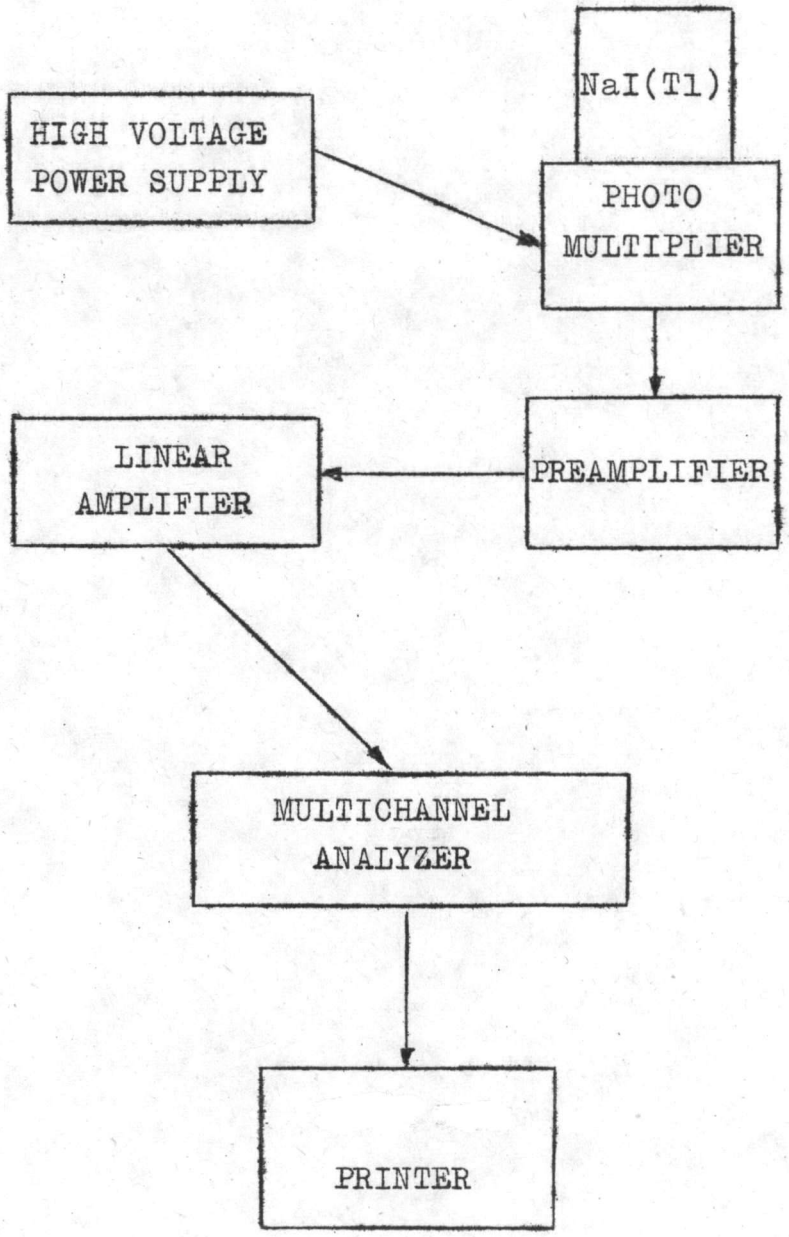
สเปคตรัมของ $_{81}^{208}Tl$ มีพลังงาน 2.62 MeV เป็นของธาตุ Th

เนื่องจากธาตุที่มีพลังงานสูงจะรบกวนธาตุที่มีพลังงานต่ำกว่า ดังนั้นจึงต้องมีค่าคงที่ไว้สำหรับแก้การรบกวนของแต่ละธาตุ เพื่อจะหาปริมาณที่แท้จริงของธาตุได้

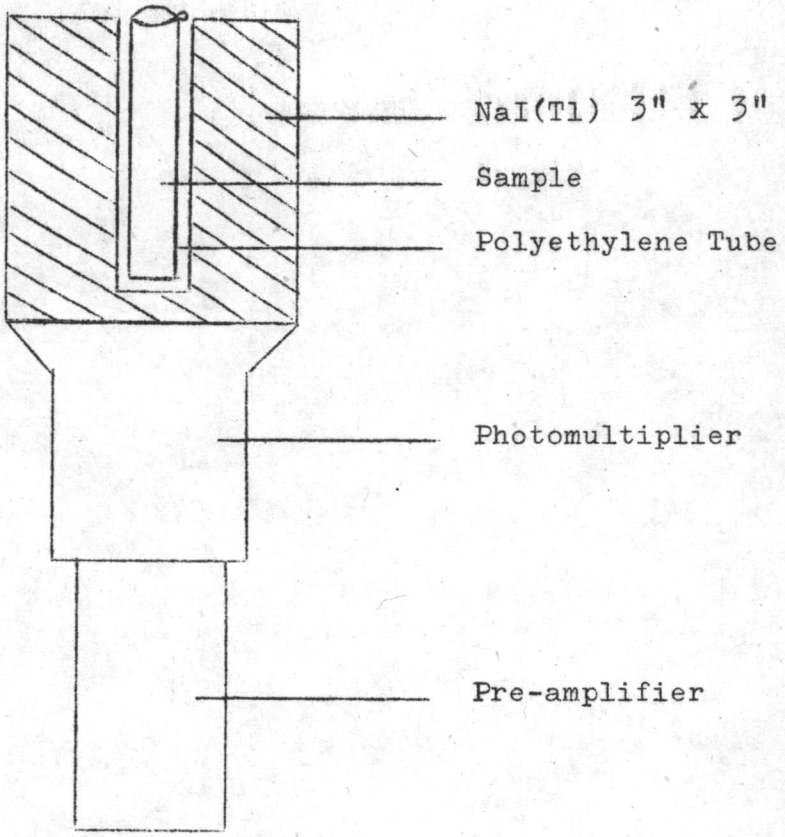
วัดสารมาตรฐาน ก ข และ ง เพื่อเปรียบเทียบกับสารตัวอย่าง การคำนวณและผลการคำนวณ อยู่ในบทที่ 4

3.3.2 <u>หาปริมาณโปแตสเซียม ยูเรเนียม และธอเรียมในแร่แซนด์สโตน และ แร่เฟลด์สปาร์</u>

ในทำนองเดียวกันกับแร่โปแตช แร่แซนด์สโตน และ แร่เฟลด์สปาร์ก็จะให้สเปคตรัมของธาตุทั้งสามเช่นกันเมื่อวัดด้วยเครื่องแกมมา–สเปคโตรมิเตอร์



รูปที่ 6 แผนภาพของเครื่องวัดรังสีชนิดแกมมาสเปคโตรมิเตอร์



รูปที่ 7 แสดงหัววัดรังสีและหลอดใส่สาร