



บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และ วิธีดำเนินการวิจัย

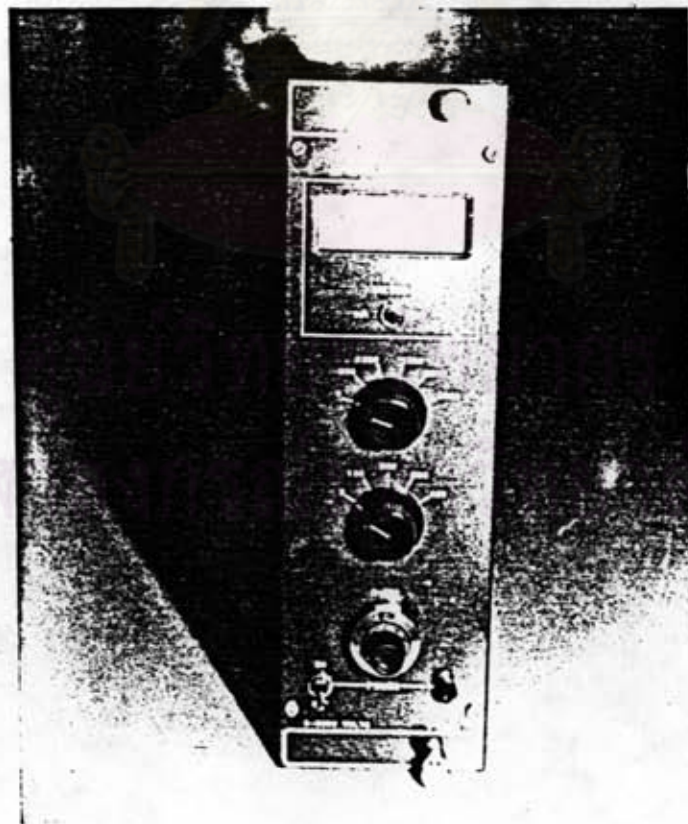
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 3.1.1 เครื่องมือวัดรังสีแบบแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ (ดังแสดงในรูปที่ 3.7)
เครื่องมือวัดรังสี ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย
- 3.1.1.1 หัววัดรังสีแกมมาโซเดียมไอโอไดด์ (ทลเสียม) [NaI(Tl)] ชนิดตัน (Solid type) ขนาด 3 นิ้ว x 3 นิ้ว และ 5 นิ้ว x 5 นิ้ว พร้อมหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier tube) (ดังรูปที่ 3.1)
 - 3.1.1.2 ทิว์เบส (tube base) พร้อมพรีแอมพลิไฟเออร์ (Pre-amplifier)
 - 3.1.1.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้าคิกตาสูง (High voltage power supply) แบบ ORTEC 556 (ดังรูปที่ 3.2)
 - 3.1.1.4 เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง (Multichannel analyzer) แบบ CANBERRA SERIES 35 plus (ดังรูปที่ 3.3)
 - 3.1.1.5 คอมพิวเตอร์ 16 บิต สำหรับการบันทึกข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง
 - 3.1.1.6 ที่กำบังรังสี ทำด้วยเหล็กหล่อ 2 ชั้นเป็นรูปทรงกระบอกกลวง ชั้นในมีความหนา 5 ซม. สูง 25 ซม. ชั้นนอกหนา 5 ซม. สูง 20 ซม. หุ้มด้วยตะกั่วหนา 5 ซม. กว้าง 10 ซม. ยาว 20 ซม. จำนวน 28 แท่งอีกทีหนึ่ง (ดังรูปที่ 3.4)

ศูนย์วิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 หัววัดรังสี NaI(Tl) 3" x 3"



รูปที่ 3.2 high voltage power supply
แบบ ORTEC 556

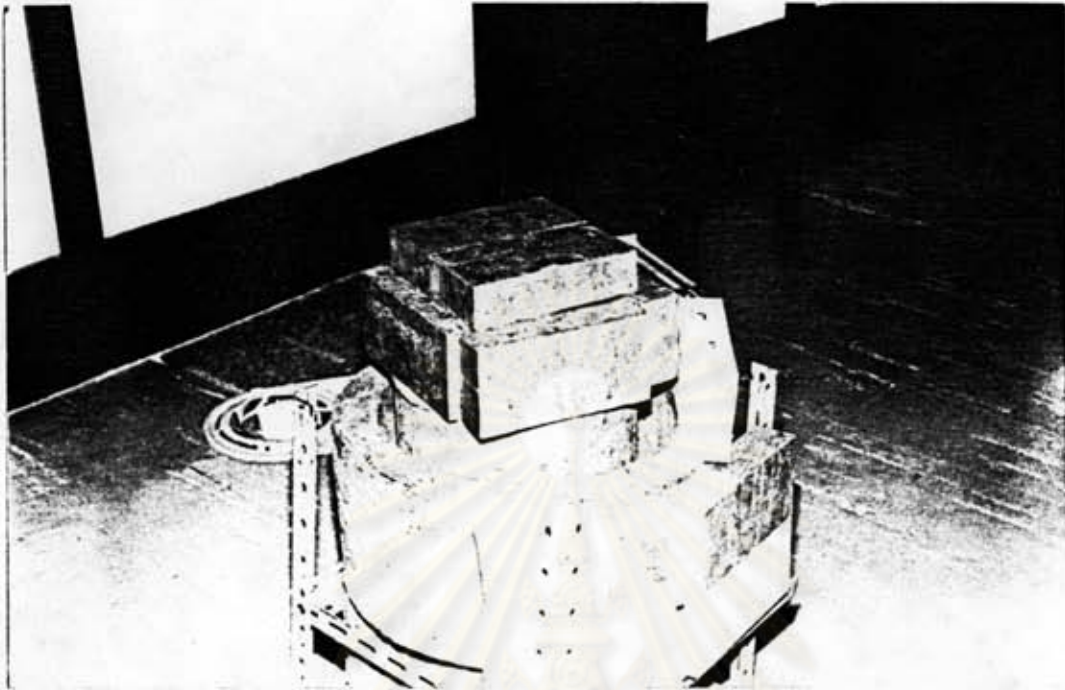




รูปที่ 3.3 Multichannel analyzer

MMU CANBERRA SERIES 35 PLUS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 ที่กำบังหัววัดรังสี

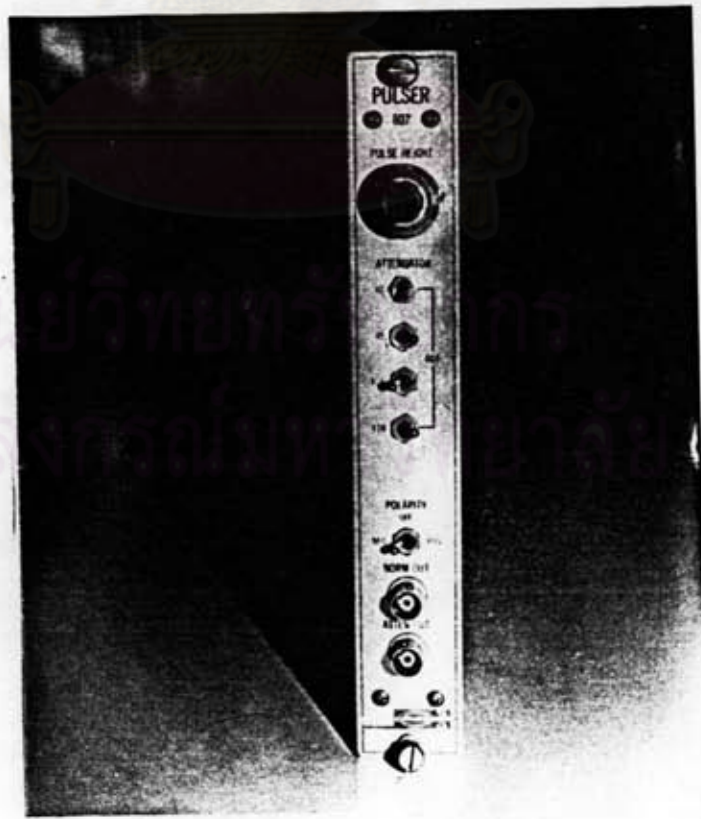


หัววัดซินทิลเลชันโซเดียมไอโอไดน์
5"×5"

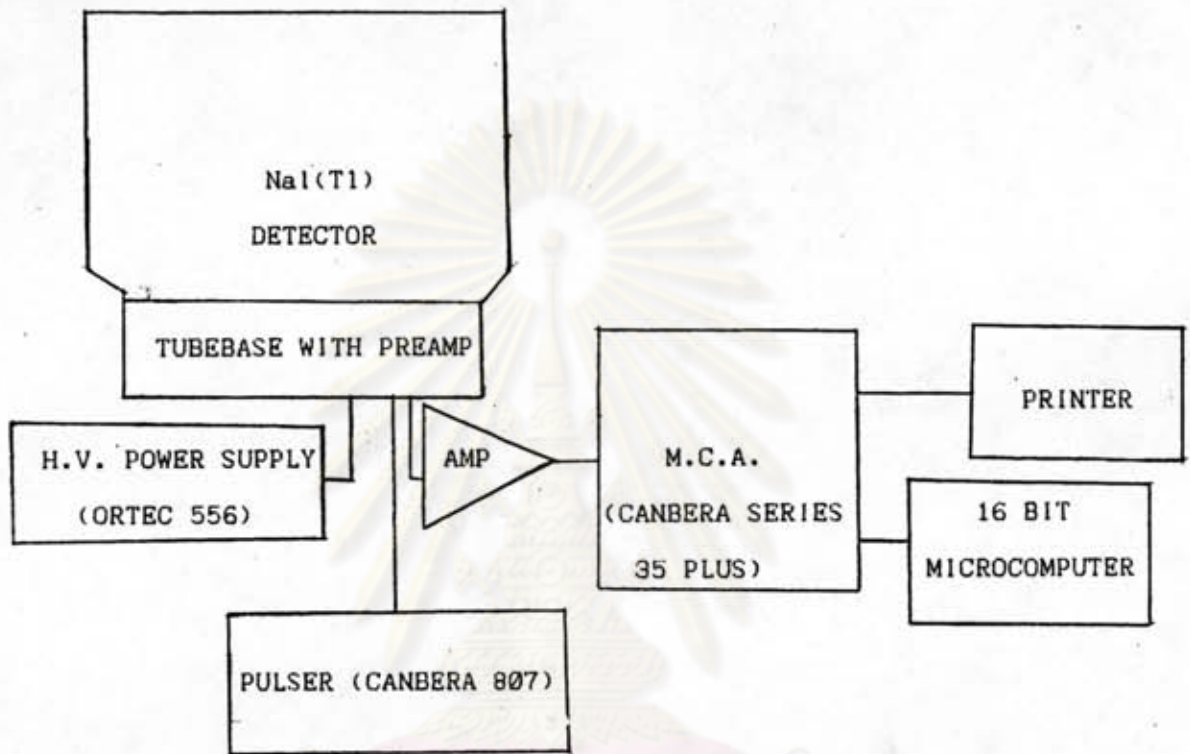
ตัวอย่างน้ำ



รูปที่ 3.5 ภาชนะใส่น้ำตัวอย่าง



รูปที่ 3.6 pulser แบบ CANBERRA 807



รูปที่ 3.7 แผนภาพของเครื่องวัดรังสี ชนิด แกมมาสเปคโตรมิเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.1.7 ภาชนะใส่น้ำตัวอย่าง

ใช้ขวดเป็นรูปทรงกระบอกเหลี่ยม ทำด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene) มีความกว้าง 8 ซม. ยาว 8 ซม. สูง 10 ซม. บรรจุน้ำปริมาตร 500 ลบ.ซม. มีฝาปิด พร้อมทั้งมีสเกลบอกปริมาตร (ดังรูปที่ 3.6)

3.1.1.8 พัลเซอร์ (Pulser) CANBERRA 807. (ดังรูปที่ 3.7)

ใช้สำหรับตรวจสอบตำแหน่งของ Peak ว่าทุกครั้งที่ทำการวัดตำแหน่งของพีค (Peak) นั้นอยู่ที่เดิมหรือไม่

3.1.1.9 สารละลายมาตรฐาน และน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1.1.9.1 สารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 มีความแรงรังสีจำเพาะ 7.46 บีโครูรีต่อ ลบ.ซม.

3.1.1.9.2 น้ำตัวอย่างจากใกล้บริเวณแหล่งแร่บางแห่งในจังหวัด ภูเก็ต นครศรีฯ และบริเวณโรงประลองแร่ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.1.10 กระดาษกรอง Membrane ขนาด 0.45 ไมครอน

3.1.1.11 สารเคมี

3.1.1.11.1 สารละลายกรดไนตริก (HNO_3)

3.1.1.11.2 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

3.1.1.11.3 น้ำกลั่น

3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

การวิจัยครั้งนี้ใช้สารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกองจัดกากกัมมันตรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติโดยมีความแรงรังสีจำเพาะ 7.46 บีโครูรีต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร ปริมาณ 40 ลบ.ซม. นำมาเตรียมโดยแยกเป็นความแรงรังสีจำเพาะต่าง ๆ กัน ดังนี้

198.1 บีโครูรีต่อน้ำ 200 ลบ.ซม.

119.9 บีโครูรีต่อน้ำ 200 ลบ.ซม.

74.6 บีโครูรีต่อน้ำ 200 ลบ.ซม.

37.3 บีโครูรีต่อน้ำ 200 ลบ.ซม.

3.2.1 วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

- 3.2.1.1 นำน้ำกลั่นปริมาตร 5 ลิตร มาเติมกรด HCl ลงไป 20 ลบ.ซม. แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอน
- 3.2.1.2 หลังจากกรองเสร็จแล้ว เติมกรด HNO_3 ลงไป 20 ลบ.ซม. แล้วทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน
- 3.2.1.3 นำไปลดปริมาตรโดยการต้มให้เหลือปริมาตร 200 ลบ.ซม.
- 3.2.1.4 เติมสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ลงไป เพื่อให้ได้ความแรงรังสี ตามความต้องการ นำไปบรรจุภาชนะ
- 3.2.1.5 ทำเช่นเดียวกับ ข้อ 3.2.1.1 ถึง 3.2.1.4 แต่ เปลี่ยนความแรงรังสีให้ได้ค่าต่าง ๆ กัน
- 3.2.1.6 ผนึกภาชนะให้มิดชิด และแข็งแรง บันทึก วัน เดือน ปี ที่เตรียมไว้
- 3.2.1.7 ทิ้งไว้ประมาณ 30 วัน เพื่อให้เกิดสมดุลแบบเชคคูลาร์ระหว่างเรเดียม-226 กับ daughter products

3.3 วิธีการเตรียมแบลงค์

นำน้ำกลั่นมา 5 ลิตร แล้วทำเหมือนกับการเตรียมสารละลายมาตรฐาน ข้อ 3.2.1.1 ถึง 3.2.1.3 และ 3.2.1.6 ถึง 3.2.1.7 ทุกประการ

3.4 วิธีการเตรียมน้ำตัวอย่าง

ใช้น้ำที่เก็บมาจากบริเวณใกล้แหล่งแร่ที่ต่าง ๆ ตัวอย่างละ 5 ลิตร มาเตรียมเหมือนกับการเตรียมแบลงค์ทุกประการ

3.5 การหาปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำ

เรเดียม-226 สลายตัวให้รังสีแกมมาพลังงาน 186 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ 4% หากวัดรังสีแกมมาขึ้นโดยตรง มีปัญหาเนื่องจากเป็นพลังงานต่ำและมีพลังงานใกล้เคียงกับรังสีแกมมาพลังงาน 185 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (54%) ของยูเรเนียม-235 ประกอบกับค่าแบคกราวด์ในช่วงพลังงานต่ำมีค่าสูงกว่าที่พลังงานสูงจะทำให้ค่าสถิติในการนับรังสีไม่ดี นอกจากนี้หัววัดรังสีที่ใช้เป็นชนิดซิลิคิลเลชัน โซเดียมไอโอไดต์ ซึ่งหัววัดชนิดนี้มีความสามารถในการแยกพลังงานของรังสี (Resolution) ไม่ดี ทำให้ประสบปัญหามากยิ่งขึ้น และยากต่อการวัดจากการที่รู้ว่าเมื่อวางเรเดียม-226 ทิ้งไว้ประมาณ 30 วัน ตามแผนผังการสลายตัว Daughter ของเรเดียม-226 ที่สนใจก็คือ Bi-214 และ Pb-214 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 27 และ 20 นาที และสลายตัวให้รังสีแกมมาพลังงาน 609.4 และ 851.99 keV ตามลำดับก็จะเกิดสมมูลแบบเช็คคูลาร์ กับ Ra-226 ทำให้สามารถวัดปริมาณของ Bi-214 และ Pb-214 ที่พลังงานดังกล่าวได้ ซึ่งสามารถนำไปหาปริมาณของ Ra-226 ได้นั่นเอง เพราะว่าขณะเกิดสมมูลแบบเช็คคูลาร์ความแรงรังสีของ Ra-226 จะเท่ากับความแรงรังสีของ Bi-214 และ Pb-214 ซึ่งเป็น Daughter

3.6 การทำกราฟเปรียบเทียบของสารละลายมาตรฐาน Ra-226

การหาปริมาณ Ra-226 ในน้ำสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ทำได้โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Ra-226 ที่รู้ความแรงรังสีจำเพาะ โดยการสร้างกราฟเปรียบเทียบสำหรับสารละลายมาตรฐาน Ra-226 ขึ้นมา

กราฟเปรียบเทียบ เป็นกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะ มีหน่วยเป็นนิโคคูรีต่อ 200 ลิ.ชม. บนแกนแนวนอน (แกน X) กับค่าจำนวนนับรังสีต่อเวลา ซึ่งอยู่บนแกนแนวตั้ง (แกน Y) โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square method) มาเขียนกราฟ ซึ่งจะได้กราฟเส้นตรง (16)

จากกราฟนี้ เมื่อเอาน้ำตัวอย่างมาวัด และรู้ค่าจำนวนนับรังสี หลังจากหักค่าแบคกราวด์ออกแล้ว ก็จะได้รู้ค่าความแรงรังสีของน้ำตัวอย่างได้โดยการลากเส้นจากแกนของจำนวนนับรังสี (แกน Y) ณ จุดที่เป็นค่าจำนวนนับของตัวอย่างขนานกับแกนความแรงรังสีจำเพาะ (แกน X) ไปตัดเส้นกราฟที่จุดไหน จากจุดนั้นลากเส้นให้ขนานกับแกน Y จนไปตัดแกน X ที่จุดใด จุดนี้ก็คือความแรงรังสีของน้ำตัวอย่างที่วัดได้

3.7 การปรับตั้งเครื่องวัดแกมมาสเปกโตรมิเตอร์

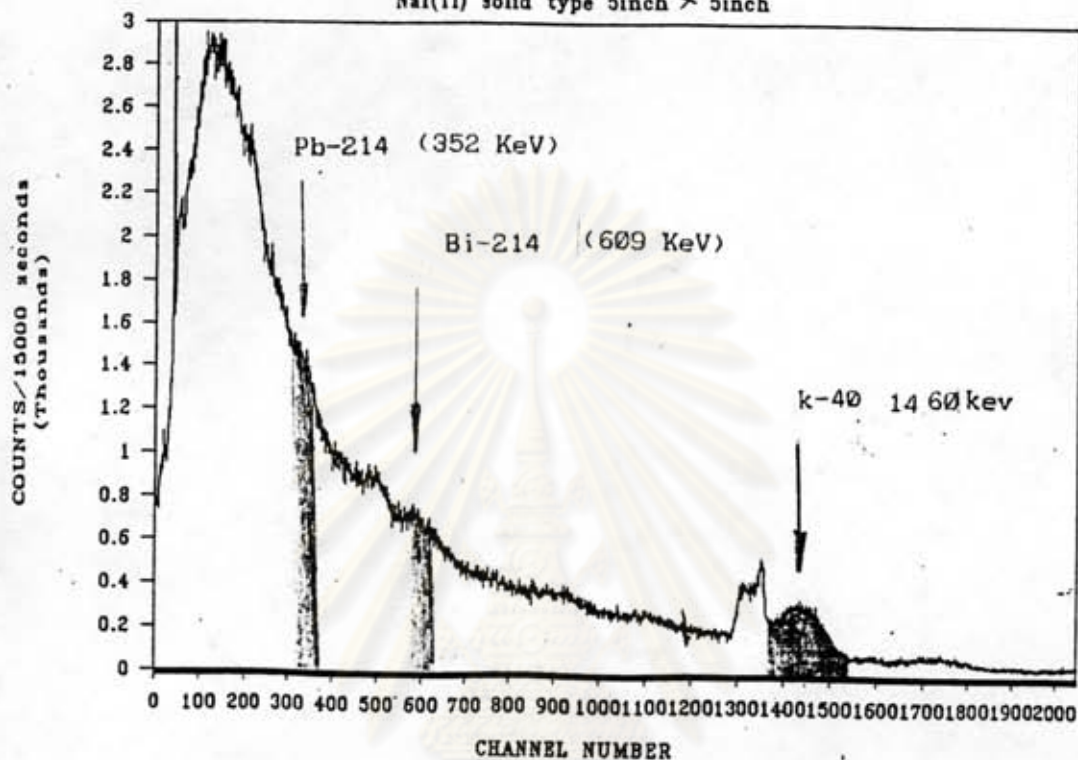
ก่อนการทดลอง ได้ปรับตั้งเครื่องวัดแกมมาสเปกโตรมิเตอร์เพื่อให้ได้เงื่อนไขที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ดังนี้คือ

- 3.7.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง (High Voltage Power supply) 800 และ 700 โวลต์
- 3.7.2 แอมพลิฟายเออร์ (Amplifier) มี Coarse gain 10 fine gain 6.3 และ 10.9
- 3.7.3 ดิสคริมิเนเตอร์ มี LLD = 0.6 โวลต์ ADC Gain 2048 และ 4096
- 3.7.4 เวลา (Preset time) 30000 และ 15000 second
- 3.7.5 หัววัด NaI(Tl) แบบแท่งตัน ขนาด 3นิ้ว 3นิ้ว และ 5นิ้ว 5นิ้ว ตามลำดับ
- 3.7.6 พัลเซอร์ (Pulser) สำหรับตรวจสอบการ shift ของ peak

การใช้พัลเซอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ตรวจสอบตำแหน่งของพีค ว่าคลาดเคลื่อนไปจากเดิม (shift) หรือไม่เพียงไร เพราะว่าการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาในการวัดนาน ฉะนั้น โอกาสที่จะทำให้พีคเลื่อน (shift) ไปจากตำแหน่งเดิม คงจะต้องมีบ้าง อาจเกิดจากสาเหตุคือ หัววัด หรือ ไฟฟ้าศักย์สูง การเช็คตำแหน่งของ Peak ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ยอด Peak ของโปแตสเซียม-40 (K-40) ที่พลังงาน 1.46 MeV ซึ่งเป็น Peak ของแบคกราวด์เป็นตัวชี้ เพราะว่าเป็น Peak ที่สามารถเห็นได้ชัดที่สุดในขณะที่ Peak ของตัวอย่างไม่อาจสังเกตเห็นได้แน่นอน อีกวิธีหนึ่งก็คือใช้ Peak ของพัลเซอร์ ซึ่งเกิด peak ที่ช่อง (Channel) 1800 เป็นตัวเช็คความคลาดเคลื่อนของ Peak อื่น ๆ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ด้วย ซึ่งลักษณะของ Peak ของ K-40 ที่พลังงาน 1.46 MeV มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

STANDARD Ra-226 198.10 Ci/200 cm³
NaI(Tl) solid type 5inch x 5inch



รูปที่ 3.8. สเปกตรัมของ สารละลายมาตรฐาน เรเดียม-226 198.1 pCi/200 cm³
ซึ่งแสดงให้เห็นเน็คของ K-40 ที่พลังงาน 1.46 KeV

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.8 วิธีดำเนินการวิจัย

3.8.1 การหาค่าเฉลี่ยของจำนวนนับรังสีของแบคกราวด์

ในการศึกษาได้ทำการวัดค่าจำนวนนับรังสีต่อ 30000 วินาทีของแบลงค์ ซึ่งเป็นน้ำกลั่นโดยวิเคราะห์ เรเดียม-226 ที่พีค Pb-214 (0.352 MeV) Bi-214 (0.609 MeV) และ ที่พีคของ K-40 (1.46 MeV) ซึ่งเป็นแบคกราวด์ ที่มีอยู่ทั่วไป ในธรรมชาติ เมื่อใช้หัววัด NaI(Tl) แบบแท่งต้นขนาด 3" x 3" ผลที่ได้ดัง แสดงในตารางที่ 4.1

ในทำนองเดียวกันเมื่อใช้หัววัด NaI(Tl) ชนิดเดียวกันขนาด 5" x 5" ค่าจำนวนนับรังสีของแบลงค์ ต่อ 15000 วินาที ที่ peak ของ Pb-214 และ Bi-214 และ K-40 ได้ผลดังตารางที่ 4.2

3.8.2 การหากราฟเปรียบเทียบจากสารละลายมาตรฐาน Ra-226

ในการศึกษานี้ได้หากราฟเปรียบเทียบโดยใช้สารละลายมาตรฐาน Ra-226 เท่าที่หาได้จำนวน 4 ตัวอย่างโดยทำการวัดจำนวนนับรังสีต่อ 30000 วินาที ของ สารละลายมาตรฐานเรเดียม -226 ที่พลังงาน 352 และ 609 Kev ของ Pb-214 และ Bi-214 ตามลำดับ เมื่อใช้หัววัด NaI(Tl) ชนิดแท่งต้น ขนาด 3" x 3" ดัง แสดงในตารางที่ 4.3

เมื่อใช้หัววัด NaI(Tl) ชนิดแท่งต้นขนาด 5" x 5" วัดในทำนอง เดียวกันโดยลดเวลาเหลือครึ่งหนึ่งจะได้ค่าจำนวนนับรังสี ต่อเวลา 15000 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 4.4

นอกจากนี้ได้ใช้หัววัด Hyperpure Germanium วัดในทำนองเดียวกัน เพื่อตรวจสอบผลการวิจัยนี้ ได้ค่าจำนวนนับรังสีสุทธิ ต่อ เวลา 15000 วินาที ของ สารละลายมาตรฐาน เรเดียม-226 ที่พีค Pb-214 และ Bi-214 ดังแสดงในตา รางที่ 4.5

3.8.3 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

ในการวิจัยได้ทำการเก็บน้ำตัวอย่างจาก บริเวณใกล้แหล่งแร่บางแห่งใน จังหวัด ภูเก็ต จำนวน 4 ตัวอย่าง นครศรีธรรมราช จำนวน 4 ตัวอย่าง และ บริเวณโรงประลองแร่ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 1 ตัวอย่าง และได้ทดลองวัดหาปริมาณ Ra-226 ในน้ำดังกล่าว ได้จำนวนนับรังสีสุทธิ ต่อ 30000 และ 15000 วินาที สำหรับหัววัด NaI(Tl) ชนิดแท่งตัน ขนาด 3"x3" และ 5"x 5" ดัง ตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

และได้ทดลองใช้หัววัด Hyperpure Germanium วัดในทำนองเดียวกัน หาปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำตัวอย่างที่เก็บจาก บริเวณใกล้แหล่งแร่ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อ ตรวจสอบวิธีการวิจัยนี้ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.10 และ 4.11

3.8.4 ค่าต่ำสุดของการวัด (LLD)

จากการหาค่า LLD ของการวัดจากการวิจัยครั้งนี้โดยใช้สมการที่ 2.17 ความเชื่อมั่น 80 เปอร์เซ็นต์ ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย