บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุอุปกรณ์หลักที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง (High voltage power supply) ของ ORTEC รุ่น 556 สำหรับหัววัดรังสีแกมมา

2. หัววัดรังสีแกมมาแบบโซเดียมไอโอไดด์ (ทัลเลียม) [NaI(Tl)] ขนาด 5 นิ้ว X 5 นิ้ว พร้อมหลอดทวีคูณอิเล็กตรอน (photomultiplier tube; PMT) ของ BICRON รุ่น 5M5/5 สำหรับวัดรังสีแกมมาพลังงาน 2.223 MeV จากปฏิกิริยา $^{1}H\ (n,\gamma)\ ^{2}H$

3. ฐานหลอด (tube base) พร้อมภาคขยายสัญญาณส่วนหน้า (preamplifier) ของ BICRON รุ่น PA-14

4. ภาคขยายสัญญาณหลักและเครื่องวิเคราะห์แบบช่องเดียว (Amp & TSCA) ของ ORTEC รุ่น 590 A

5. อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง (Multichannel analyzer) โดยสำหรับในการศึกษานี้ใช้ MCA card ของ Nuclear Data รุ่น ND-NSIC 50-1327-01 พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูปในการทำงานเป็นอุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง

6. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer) สำหรับควบคุมการทำงาน และบันทึกข้อมูล

7. ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน $^{241}Am/^{9}Be$ ความแรง 1.11 กิกะเบคเคอเรล (30 มิลลิคูรี) จำนวน 3 ตัว

8. วัสดุสำหรับหน่วงพลังงานนิวตรอน ได้แก่ กราไฟต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40.9 เซ็นติเมตร สูง 45 เซ็นติเมตร และขนาดหลุมสำหรับวางต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซ็นติเมตร ลึก 18 เซ็นติเมตร

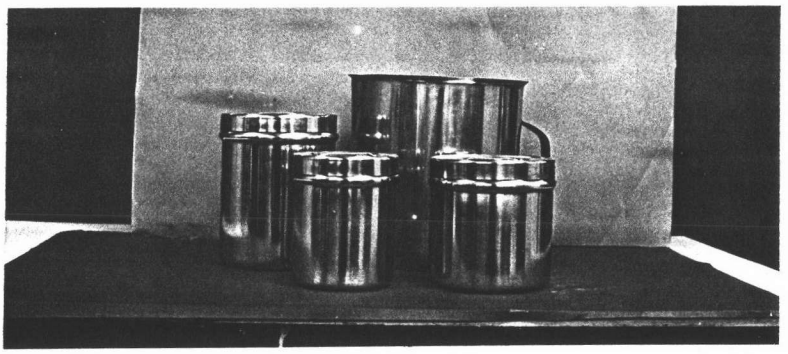
9. วัสดุสำหรับกำบังรังสีนิวตรอน ได้แก่ กราไฟต์

10. วัสดุสำหรับกำบังรังสีแกมมา ได้แก่ ตะกั่ว ขนาด 10 เซ็นติเมตร X 20 เซ็นติเมตร X 5 เซ็นติเมตร

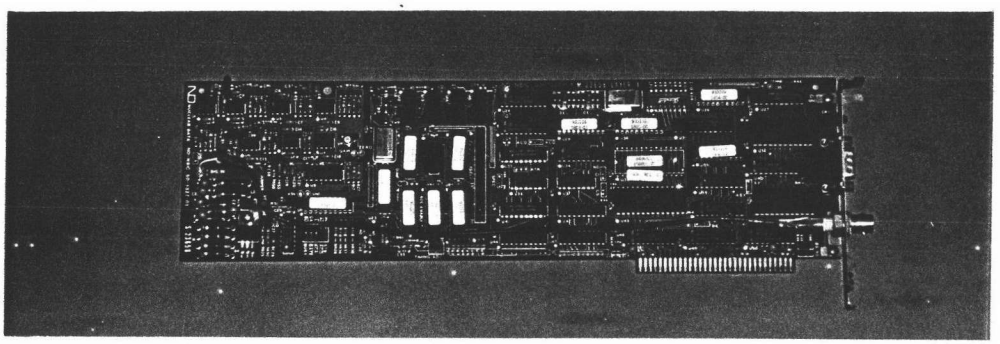
11. ภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่าง ทำด้วย เหล็กไร้สนิม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 5 นิ้ว (4 นิ้ว X 5 นิ้ว) , ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 5 นิ้ว (5 นิ้ว X 6 นิ้ว) , ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 7 นิ้ว (5 นิ้ว X 7 นิ้ว) และ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 นิ้ว สูง 8.5 นิ้ว (7.5 นิ้ว X 8.5 นิ้ว)

12. น้ำ (Ordinary water ; H_2O) สำหรับใช้ในการศึกษาการจัดระบบวัดรังสีพรอมต์แกมมา ของไฮโดรเจน ที่พลังงาน 2.223 MeV รวมทั้งใช้เป็นสารมาตรฐานในการปรับเทียบในการหาปริมาณไฮโดรเจนในสารประกอบอื่นๆ

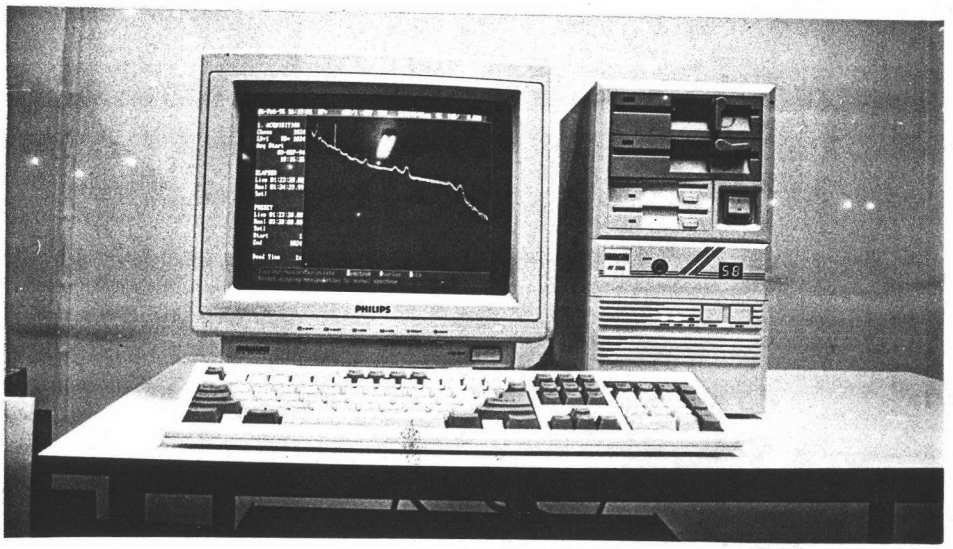
13. สารประกอบไฮโดรเจนบางชนิด ได้แก่ น้ำชนิดหนัก (Heavy water; D_2O) , สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide 35 % by weight; H_2O_2), สารละลายแอลโคลเอ็น-บิวทิลิโคล (Alcole n-butilico 99.5 % ; $CH_3(CH_2)_2CH_2OH$), สารละลายไอโซ-บิวทิลเมททิล คีโตน (Iso-butyl methyl ketone 99.0 % ; $(CH_3)_2CHCH_2COCH_3$) , สารละลายแอมโมเนีย (Ammonia 25 % ; NH_3), น้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil) และ ถ่านหิน (coal) สำหรับเป็นตัวอย่างทดสอบในการหาปริมาณไฮโดรเจน



รูปที่ 3.1 ภาชนะขนาดต่างๆ สำหรับใส่ตัวอย่าง ทำด้วย เหล็กไร้สนิม

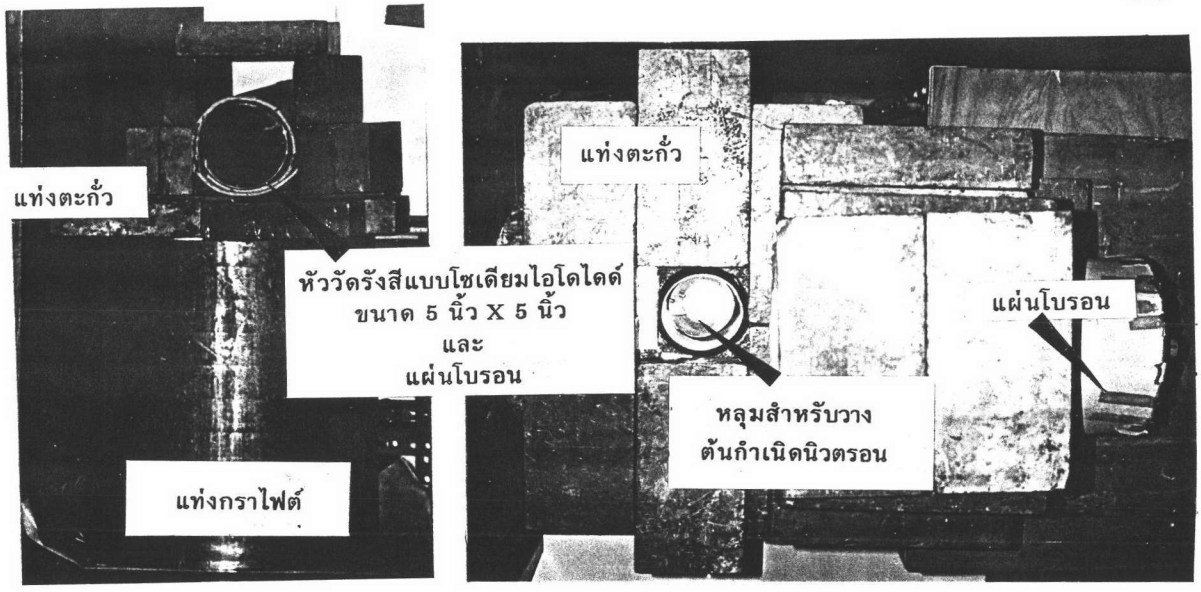


(ก)

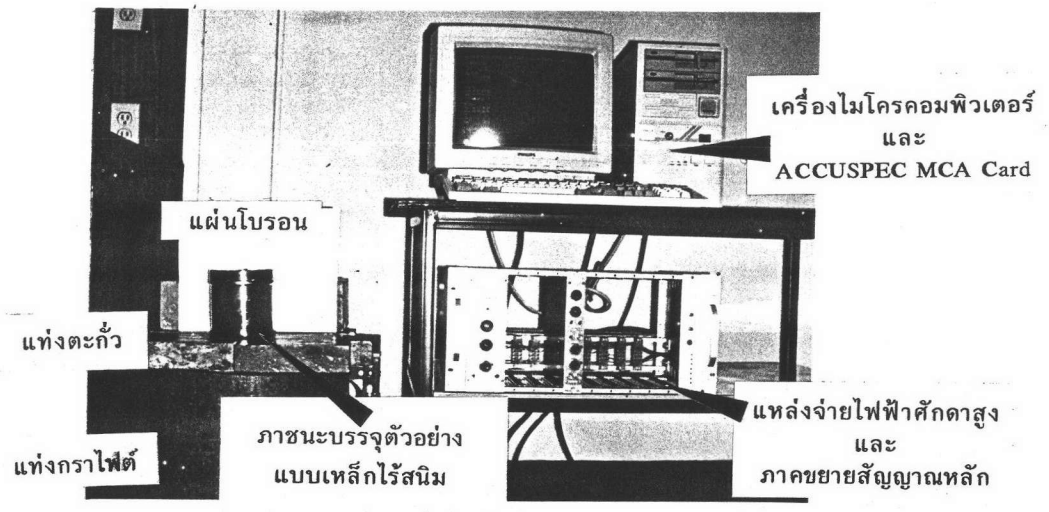


(ข)

รูปที่ 3.2 (ก) MCA Card ของ Nuclear Data รุ่น ND-NSIC 50-1327-01
(ข) เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์



รูปที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบอาบรังสีนิวตรอน

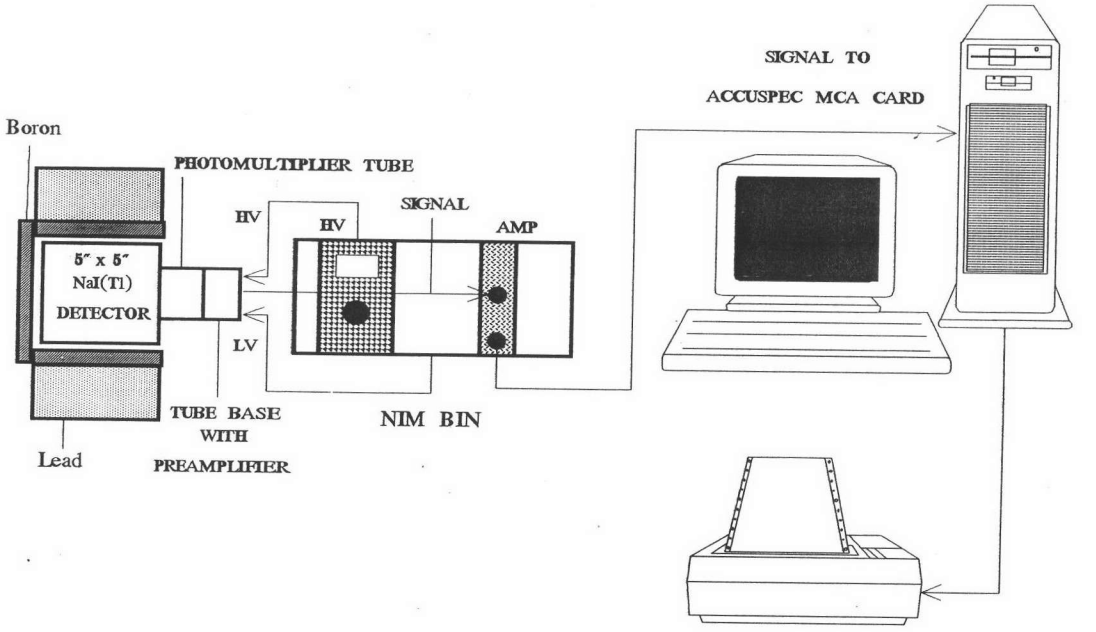


รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ไฮโดรเจน โดยวิธีวัดรังสีพรอมต์แกมมา

<u>วิธีดำเนินงานวิจัย</u>

1. การจัดระบบวัดรังสีพรอมต์แกมมาพลังงาน 2.223 MeV จากปฏิกิริยา $^{1}H(n,\gamma)^{2}H$

ในการวัดรังสีพรอมต์แกมมาที่เกิดจากปฏิกิริยา $^{1}H(n,\gamma)^{2}H$ ที่พลังงาน 2.223 MeV ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้หัววัดรังสีแกมมาชนิด โซเดียมไอโอไดด์(ทัลเลียม) ขนาด 5 นิ้ว X 5 นิ้ว เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการวัดรังสีพรอมต์แกมมาที่เกิดขึ้น ซึ่งแผนผังการจัดระบบวัดรังสีพรอมต์แกมมานี้แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนผังการจัดระบบวัดรังสีพรอมต์แกมมา

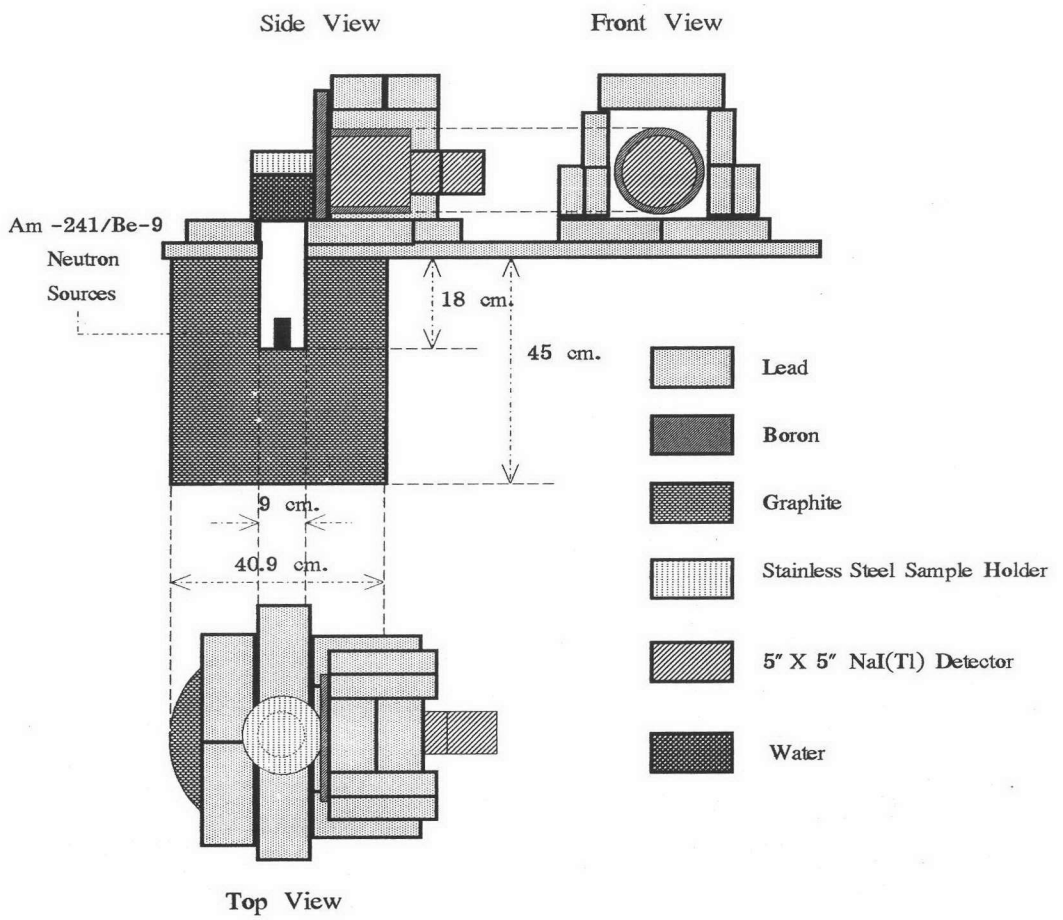
การปรับเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่อง (channel number) และระดับพลังงานของรังสีแกมมา ใช้รังสีพรอมต์แกมมาที่พลังงาน 0.478 MeV จากปฏิกิริยา $^{10}B(n,\alpha)^{7*}Li$ โดย $^{7*}Li$ จะอยู่ในสถานะกระตุ้น จึงมีการปลดปล่อยรังสีพรอมต์แกมมาออกมาเพื่อกลับสู่สถานะปรกติ และรังสีแกมมาที่พลังงาน 4.433 MeV จากต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน อะเมริเซียม-241/เบริลเลียม-9

2. การออกแบบ และสร้างระบบอาบรังสีนิวตรอน

ระบบอาบรังสีนิวตรอนนับว่ามีความสำคัญมากในการหาปริมาณธาตุ ด้วยเทคนิคการวัดรังสีพรอมต์แกมมาที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะในการใช้ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนแบบไอโซโทปที่ผลิตนิวตรอนจากปฏิกิริยา (α,n) ทั้งนี้เนื่องจาก ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนประเภทนี้ มีอัตราการปลดปล่อยนิวตรอน (ความเข้มของนิวตรอน) ต่ำ โดยอยู่ในช่วง 10^5-10^7 นิวตรอนต่อวินาทีต่อคูรี รวมถึงมีการปลดปล่อยรังสีแกมมาที่พลังงาน 4.433 MeV จากปฏิกิริยา $^9Be(\alpha,n)^{12*}C$ ออกมา ดังนั้นในการออกแบบระบบอาบรังสีนิวตรอน จึงมีความสำคัญในการวัดรังสีพรอมต์แกมมาที่เกิดขึ้น

สำหรับการออกแบบระบบอาบรังสีนิวตรอนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบโดยพิจารณาจากงานวิจัยของ Lukander และ Usitalo ประกอบกับหลักการทางทฤษฎี และนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมกับวัสดุ อุปกรณ์ และเงินทุนวิจัยที่ได้รับ (ดังรูปที่ 3.6)

ในการวิจัยนี้ใช้ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน อะเมริเซียม-241/เบริลเลียม-9 ความแรง 1.11 กิกะเบคเคอเรล จำนวน 3 ตัว ซึ่งใช้กราไฟต์เป็นตัวหน่วงพลังงานนิวตรอน และเป็นตัวกำบังรังสีนิวตรอน รวมถึงตะกั่วที่ใช้เป็นตัวกำบังรังสีพรอมต์แกมมาที่เกิดขึ้นในขณะทำการวัด และแผ่นโบรอนที่ใช้เป็นตัวกำบังรังสีนิวตรอนเพื่อป้องกันการจับนิวตรอนของโซเดียม และไอโอดีน ภายในหัววัดรังสี

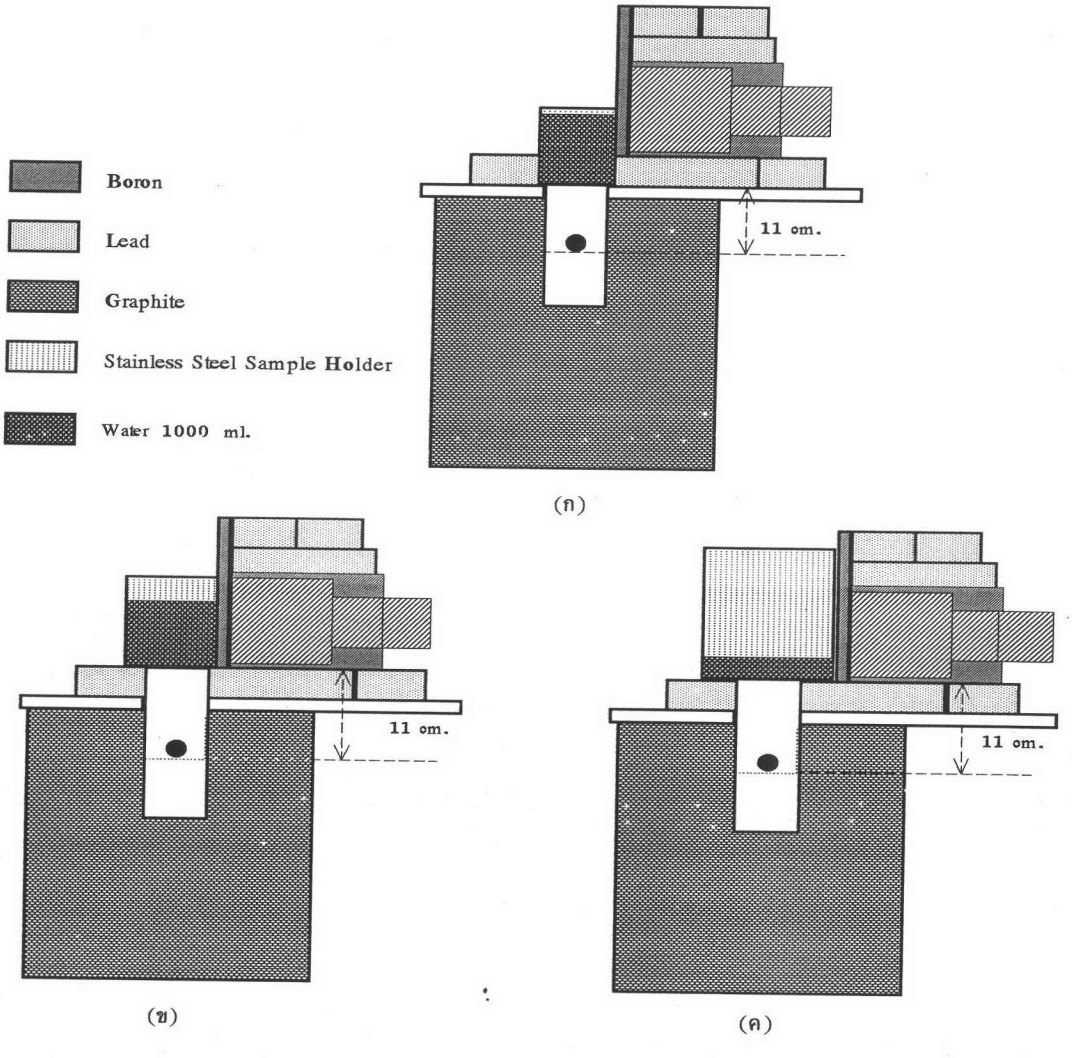


รูปที่ 3.6 ระบบอาบรังสีนิวตรอนในระยะที่เริ่มศึกษาวิจัย

<u>ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มของรังสีพรอมต์แกมมาของไฮโดรเจน และแบคกราวด์</u>

1. ศึกษาผลของขนาดภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ใช้ตัวอย่างปริมาตร 1000 มิลลิลิตร เนื่องจากในการศึกษานี้ ใช้น้ำชนิดหนักในการหาปริมาณไฮโดรเจน ซึ่งมีปริมาณจำกัด และมีราคาสูง รวมถึงภาชนะบรรจุตัวอย่างขนาด 4 นิ้ว X 5 นิ้ว นั้นสามารถบรรจุตัวอย่างได้สูงสุดเพียง

1000 มิลลิลิตร โดยวางหัววัดรังสีห่างจากภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ระยะ 0 เซ็นติเมตร และมีระยะระหว่างต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนและตัวอย่าง 11 เซ็นติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้น้ำเป็นตัวอย่างในการศึกษา แต่ละขนาดของภาชนะทำการวัดปริมาณรังสีเป็นเวลา 1000 วินาที ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3



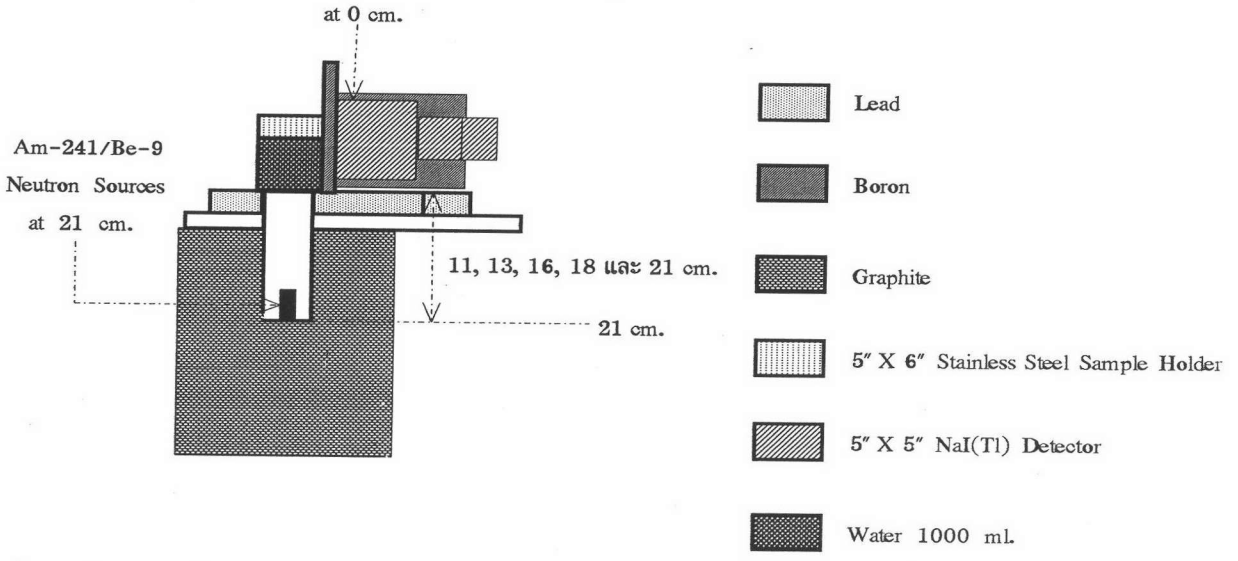
รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงระบบอาบรังสีนิวตรอนสำหรับภาชนะขนาดต่างๆ

(ก) สำหรับภาชนะขนาด 4 นิ้ว x 5 นิ้ว

(ข) สำหรับภาชนะขนาด 5 นิ้ว x 6 นิ้ว

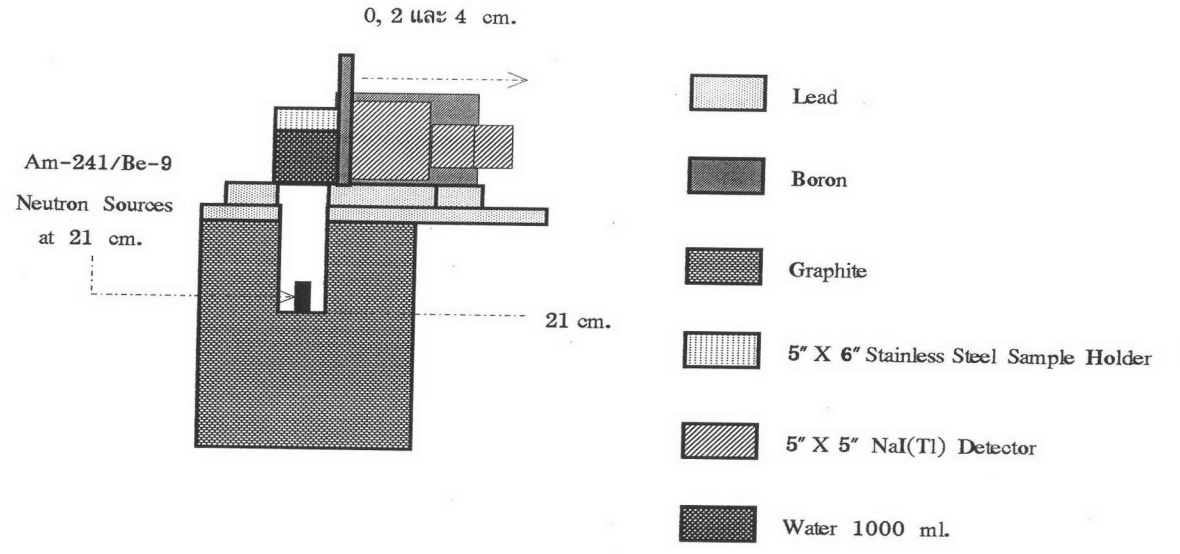
(ค) สำหรับภาชนะขนาด 7.5 นิ้ว x 8.5 นิ้ว

2. ศึกษาผลของตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน จัดระบบวัดรังสีเช่นเดียวกับข้อ 1 โดยใช้ภาชนะบรรจุตัวอย่างขนาด 5 นิ้ว X 6 นิ้ว เนื่องจากให้อัตราส่วนความเข้มของรังสีพรอมต์แกมมาจากไฮโดรเจนต่อแบคกราวด์สูงสุด แล้วเลื่อนต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่ระยะ 11, 13, 16, 18 และ 21 เซ็นติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 แต่ละตำแหน่งทำการวัดปริมาณรังสีเป็นเวลา 1000 วินาที ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 และ 4.8



รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน

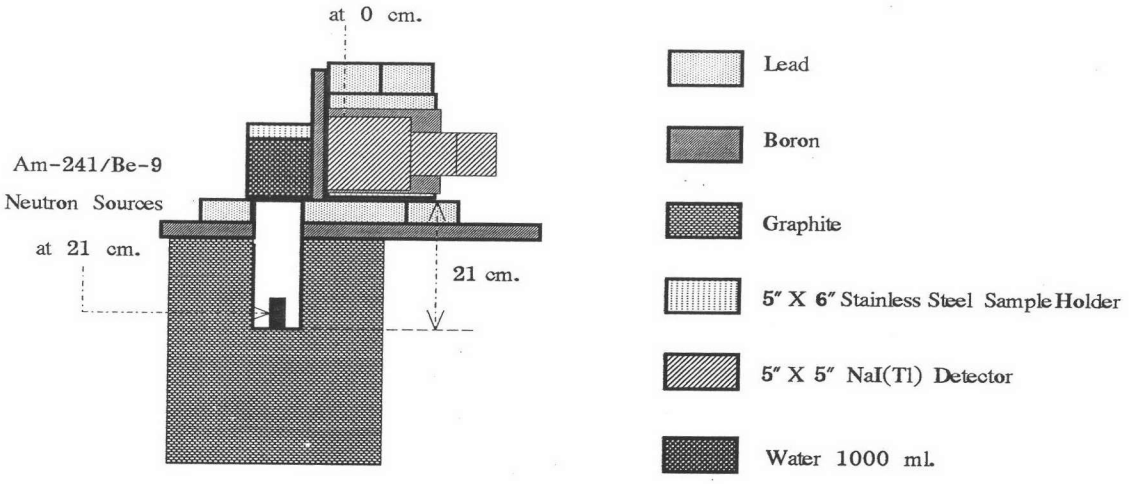
3. ศึกษาผลของตำแหน่งหัววัดรังสี จัดระบบวัดเช่นเดียวกันโดยวางต้นกำเนิดรังสีที่ระยะ 21 เซ็นติเมตร จากตัวอย่าง และมีการเลื่อนตำแหน่งหัววัดรังสีที่ระยะต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.9 แต่ละตำแหน่งทำการวัดปริมาณรังสีเป็นเวลา 1000 วินาที ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.9, 4.10 และ 4.11



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนตำแหน่งหัววัดรังสีแกมมา NaI(Tl)

4. ศึกษาผลของปริมาตรของตัวอย่าง จัดระบบวัดเช่นเดียวกัน โดยวางหัววัดรังสีที่ระยะ 0 เซ็นติเมตรจากตัวอย่าง และมีการเปลี่ยนปริมาตรของตัวอย่าง ซึ่งแต่ละปริมาตรทำการวัดปริมาณรังสีเป็นเวลา 1000 วินาที ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.12, 4.13 , 4.14 , 4.15 และ 4.16

5. การทดสอบวัดรังสีพรอมต์แกมมาของไฮโดรเจนที่ระดับพลังงาน 2.223 MeV จากผลการวิจัยในขั้นต้นที่ผ่านมาเกี่ยวกับขนาดของภาชนะบรรจุตัวอย่าง ตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ตำแหน่งของหัววัดรังสี และผลของปริมาตรของตัวอย่างนั้น ได้นำข้อมูลมาพิจารณาในการออกแบบระบบวิเคราะห์ไฮโดรเจน แสดงไว้ในรูปที่ 3.10 และได้ทำการทดสอบวัดสเปกตรัมของรังสีพรอมต์แกมมาโดยใช้น้ำปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการนับรังสี 3000 วินาที ได้ผลแสดงดังในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.17



รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงระบบอาบรังสีนิวตรอนและระบบวัดรังสีแกมมาที่ใช้ในงานวิจัย

<u>การสร้างกราฟปรับเทียบและการทดลองหาปริมาณไฮโดรเจนในสารตัวอย่าง</u>

1. สร้างกราฟปรับเทียบ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มของรังสีพรอมต์แกมมาที่พลังงาน 2.223 MeV ต่อแบคกราวด์ กับเปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจนในสารละลาย ที่มีเปอร์เซ็นต์ต่างๆ โดยใช้น้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้นต่างๆ คือ ที่ 0.015 , 5 , 10 และ 15.75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร นำไปทำการวัดรังสีพรอมต์แกมมา เป็นเวลา 5000 วินาที ผลการวิจัยแสดงดังในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 และ4.22

2. ทดสอบหาปริมาณไฮโดรเจนในสารตัวอย่างต่างๆ ได้ทำการทดลองวัดรังสีพรอมต์แกมมาที่พลังงาน 2.223 MeV จากสารตัวอย่างซึ่งทราบเปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจน ได้แก่ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 35, 25 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจน 9.347, 9.874 และ 10.400 ตามลำดับ, สารละลายแอลโคล เอ็น-บิวทิลิโคล ที่ความเข้มข้น 99.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจน 13.529 , สารละลายไอโซ-บิวทิล เมททิล คีโตน ที่ความเข้มข้น 99.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจน 11.954, สารละลายแอมโมเนีย ที่ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจน

12.831, น้ำมันพาราฟิน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจน 25.132 และถ่านหินที่เปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจน 5, 5.3 และ 6.3 ตามลำดับ ผลการทดสอบหาปริมาณไฮโดรเจนแสดงดังในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.23, 4.24 ,4.25, และ 4.26