บทที่ 4

วัสดุอุปกรณ์การวิจัยและวิธีดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

4.1.1 ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน อเมริเซียม-241/เบริลเลียม (americium-241/beryllium, Am-241/Be) ความแรง 1.11 กิกะเบคเคอเรล(gigabecquerel, GBq) หรือ 30 มิลลิคูรี (millicurie, mCi) จำนวน 3 ตัว ซึ่งรวมเป็นความแรงทั้งหมดเท่ากับ 3.33 กิกะเบคเคอเรล หรือ 90 มิลลิคูรี

4.1.2 หัววัดนิวตรอน แบบบรรจุก๊าซโบรอนไตรฟลูออไรด์ (boron trifluoride, BF_3) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. ยาว 26.5 ซม. ก๊าซโบรอนไตรฟลูออไรด์ มีความเข้มข้นของโบรอน-10 เท่ากับ ร้อยละ 95 และบรรจุก๊าซที่ความดัน 700 มิลลิเมตรของปรอท

4.1.3 หัววัดนิวตรอนแบบบรรจุก๊าซฮีเลียม-3 (helium-3, He-3) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. ยาว 26.5 ซม. ก๊าซที่บรรจุเป็นฮีเลียม -3 มีความดัน 15200 มิลลิเมตรของปรอท

4.1.4 อุปกรณ์นับรังสี ประกอบด้วย

4.1.4.1 ORTEC 400 1C/400 2A NIM BIN power supply

4.1.4.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง (high voltage power supply) ORTEC 450

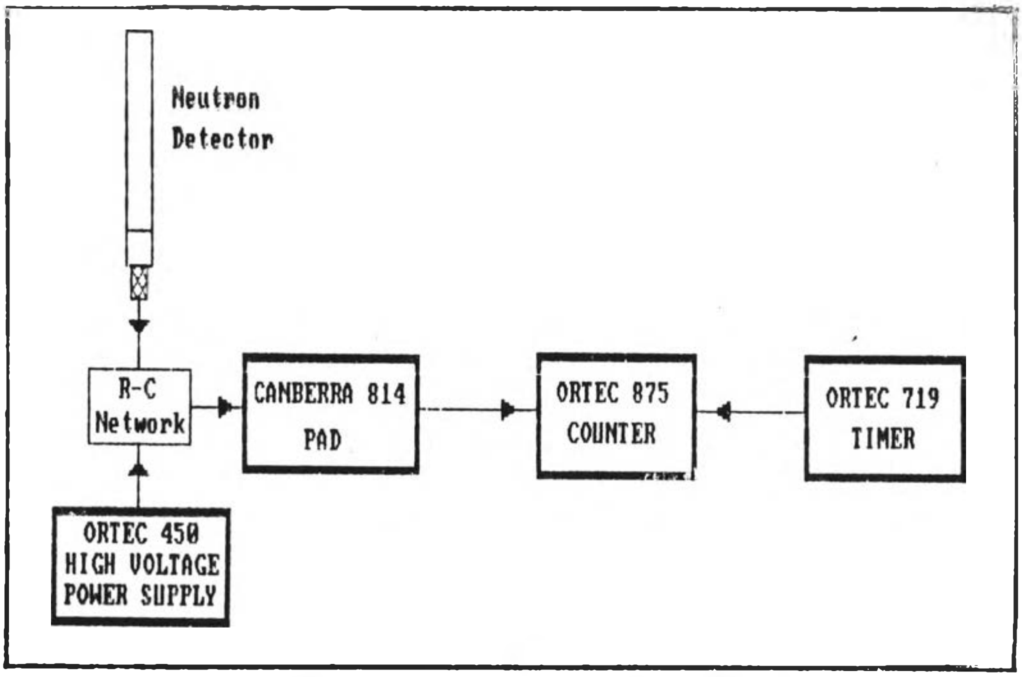
4.1.4.3 อุปกรณ์ขยายสัญญาณและตัดสัญญาณรบกวน (amplifier and discriminator) CANBERRA PAD 814

4.1.4.4 เครื่องนับ (counter) ORTEC 875

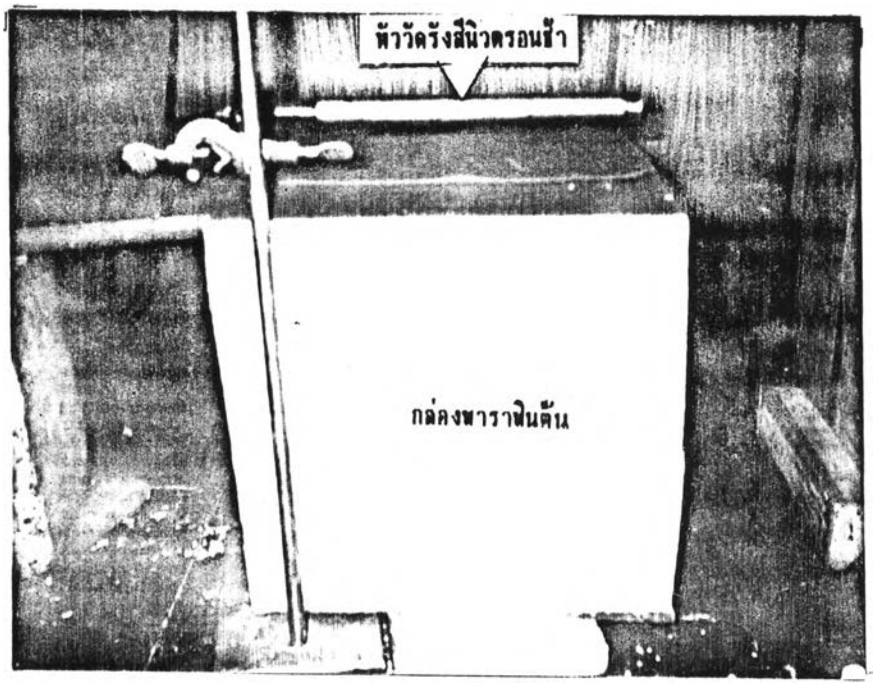
4.1.4.5 อุปกรณ์ตั้งเวลา (timer) ORTEC 719

แผนผังการจัดอุปกรณ์นับรังสี แสดงไว้ในรูปที่ 4.1

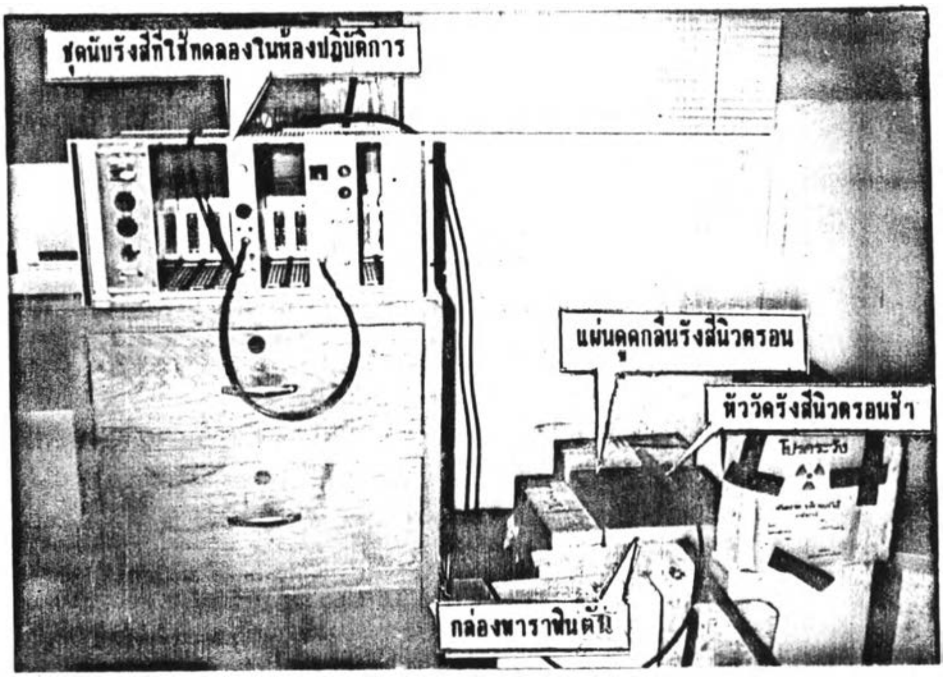
i17390539



รูปที่ 4.1 แผนผังการจัดอุปกรณ์วัดรังสีนิวตรอน



รูปที่ 4.2 กล่องพาราฟินตันขนาด 30 ซม.x 30 ซม.x 30 ซม. สำหรับเก็บต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนเพื่อผลิตเอพิเทอร์มาลนิวตรอน



รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายอุปกรณ์นับรังสีและหัววัดรังสีนิวตรอน

4.1.5 กล่องพาราฟินตันขนาด 30 ซม.x 30 ซม.x 30 ซม. สำหรับบรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน

4.1.6 แผ่นพาราฟินขนาดหนาต่าง ๆ กัน

4.1.7 ตัวอย่างไม้อัดของไม้อัดไทยบางนา ความหนา 8, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร ตัดให้มีขนาด 30 ซม. x 30 ซม. อย่างละ 20 แผ่น

4.1.8 กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ ความหนา 4 และ 6 มิลลิเมตร ตัดให้มีขนาด 30 ซม. x 30 ซม. อย่างละ 20 แผ่น

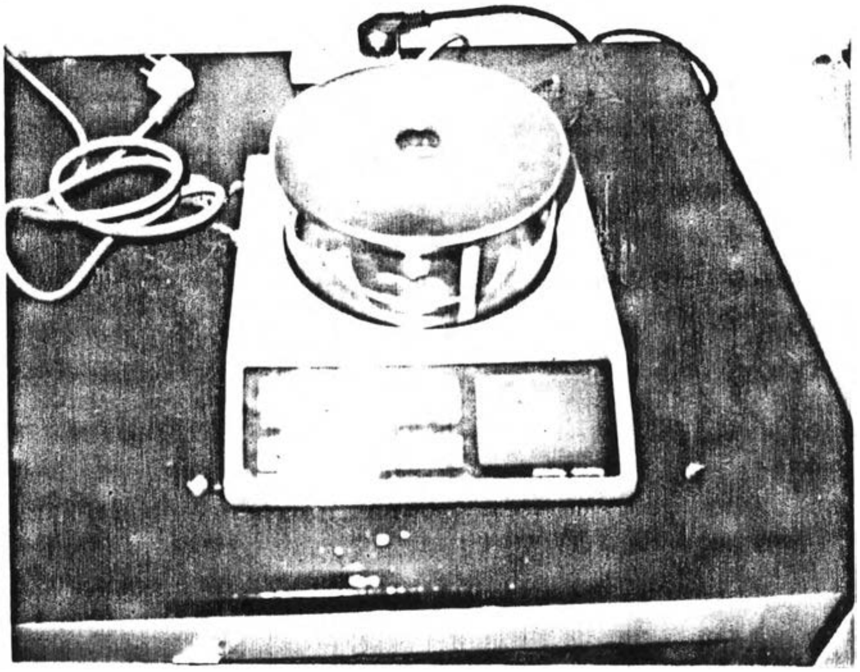
4.1.9 แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง ความหนา 4 มิลลิเมตร ตัดให้มีขนาด 30 ซม. x 30 ซม. จำนวน 20 แผ่น

4.1.10 แผ่นแคดเมียม (Cadmium, Cd) ขนาด 24 ซม. x 30 ซม. x 0.05 ซม. สำหรับดูดจับนิวตรอนช้า

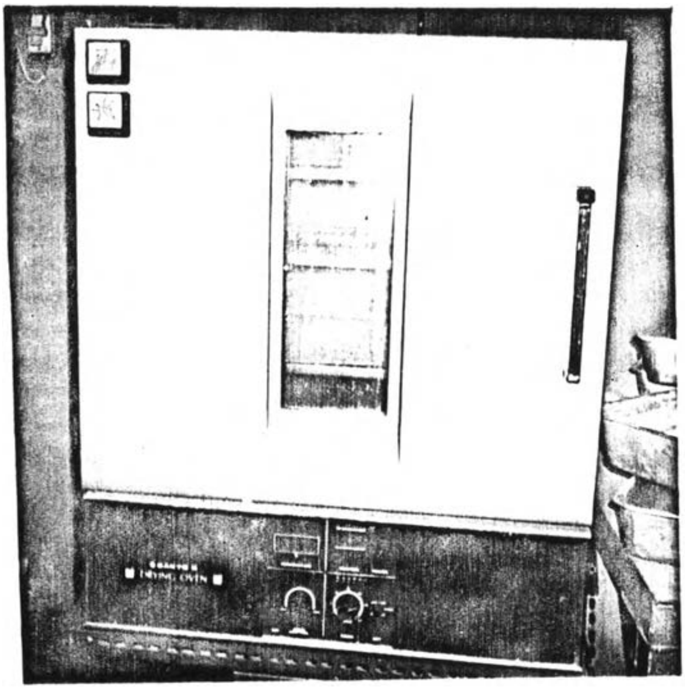
4.1.11 แผ่นยางผสมโบรอนคาร์ไบด์(boron carbide, B_4C) ขนาด 30 ซม. x 30 ซม. x 3.5 มม. และ 15 ซม. x 30 ซม. x 3.5 มม. อย่างละ 1 แผ่นสำหรับดูดจับนิวตรอนช้า บริษัทผู้ผลิตคือ Reactor Experiment Inc. ได้ระบุว่าแผ่นยางผสมโบรอนคาร์ไบด์หนา 3.5 มม. ที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีค่า attenuation factor สำหรับเทอร์มาลนิวตรอน = 1/20

4.1.12 เครื่องชั่งน้ำหนัก SARTORIUS 1518 สำหรับชั่งน้ำหนักในการหาปริมาณความชื้นของวัสดุ

4.1.13 ตู้อบไฟฟ้า สำหรับอบไล่ความชื้นของวัสดุ



รูปที่ 4.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 4.5 ตู้อบไฟฟ้า

4.2 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการใช้เทคนิคการส่งผ่านเอพิเทอร์มาลนิวตรอน ในการหาปริมาณความชื้นในวัสดุก่อสร้างชนิดแผ่นบางชนิด โดยได้เลือกวัสดุที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปความหนาต่าง ๆ กัน 3 ชนิด คือแผ่นไม้อัดที่มีความหนา 10, 15 และ 20 มม. กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบที่มีความหนา 4 และ 6 มม. และแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงที่มีความหนา 4 มม. รวมเป็นตัวอย่าง 6 ชนิด การวิจัยมีขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

- การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิตเอปิเทอร์มาลนิวตรอน และในการวัดนิวตรอน
- การสร้างกราฟปรับเทียบและการหาความไว (sensitivity) ในการวัดความชื้นของวัสดุชนิดต่าง ๆ
- การทดลองหาความชื้นของวัสดุเทียบกับวิธีมาตรฐาน

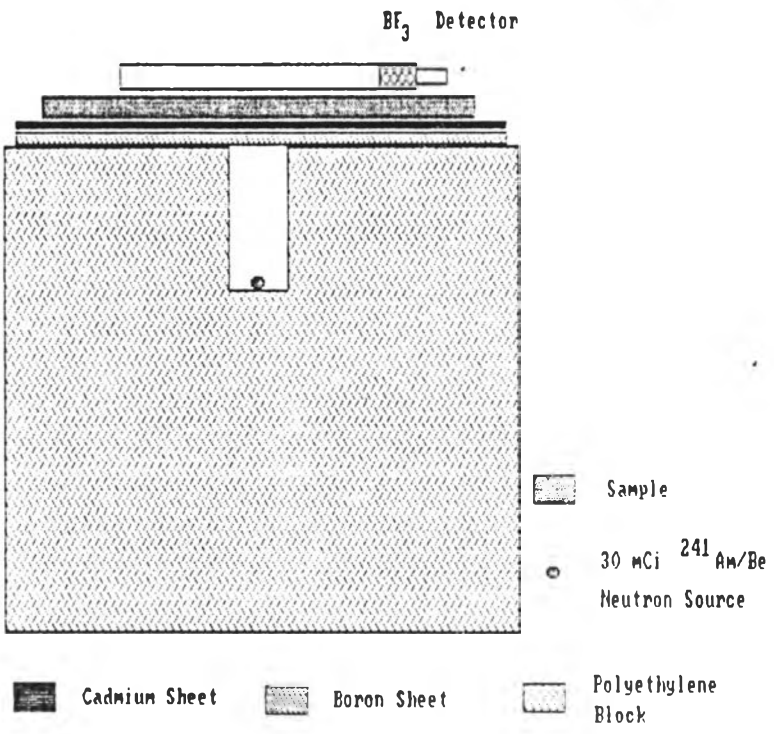
รายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยมีดังต่อไปนี้

4.2.1 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสม ในการผลิตเอพิเทอร์มาลนิวตรอน และการวัดรังสีนิวตรอนช้า

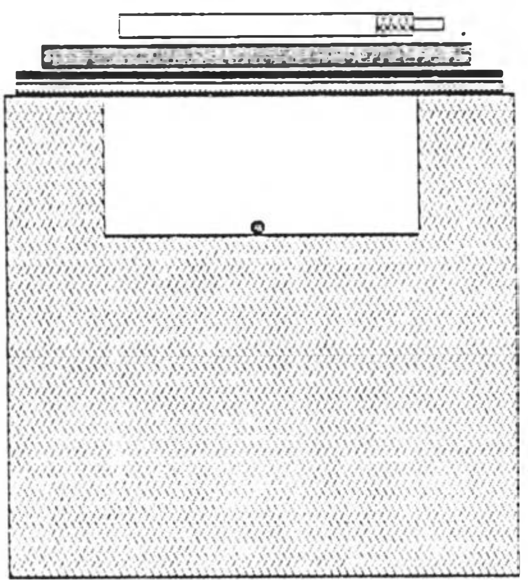
4.2.1.1 ผลจากตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีและขนาดของหลุมที่เจาะให้นิวตรอนช้าออกมา

การวิจัยนี้ได้เลือกใช้พาราฟินเป็นตัวหน่วงพลังงานของนิวตรอน (neutron moderator) เนื่องจากเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ราคาถูก และสามารถหล่อหลอมเพื่อทำเป็นรูปทรงต่าง ๆ และตัดหรือเจาะได้ง่าย ขนาดของพาราฟินที่เก็บต้นกำเนิดนิวตรอนเพื่อผลิตนิวตรอนช้าออกมาใช้ประโยชน์ มีผลต่อความเข้มของนิวตรอนช้าอย่างมาก รวมทั้งตำแหน่งของต้นกำเนิดนิวตรอนและขนาดของหลุมหรือช่องที่จะเจาะให้นิวตรอนช้าออกมา[1,2,5] จากข้อมูลของ A.J. Cox และคณะ [1] แสดงว่าขนาดของภาชนะพาราฟินสำหรับเก็บต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่ผลิตนิวตรอนจากปฏิกิริยา $^{9}Be(\alpha,n)^{12}C$ เพื่อนำนิวตรอนช้าออกมาใช้ประโยชน์ ควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 30 ซม. ผนังด้านข้าง และด้านหลังควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 10 ซม. จึงจะทำให้ได้ความเข้มของนิวตรอนช้าออกมาทางหลุมหรือช่องที่จะเจาะเข้าไปในพาราฟิน มีความเข้มสูง จึงได้ทำการหล่อพาราฟินที่มีลักษณะเป็นลูกบาศก์ขนาด 30 ซม. x 30 ซม. x 30 ซม. สำหรับใช้ในการบรรจุต้นกำเนิดรังสีอเมริเซียม-241/เบริลเลียมความแรง 3.33 GBq (90 mCi) ในตอนแรกได้ทำการเจาะพาราฟินออกเพื่อให้เป็นหลุมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 ซม. ลึก 10 ซม. ที่บริเวณกึ่งกลางด้านบนของกล่องพาราฟินดัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ด้านบนปิดด้วยแผ่นแคดเมียมหนา 0.5 มิลลิเมตร และแผ่นยางผสมโบรอนคาร์ไบด์หนา 3.5 มม. เพื่อดูดจับนิวตรอนพลังงานต่ำออกไป จากนั้นจึงได้ทดลองวัดความเข้มของนิวตรอนช้าด้วยหัววัดโบรอนไตรฟลูออไรด์ เป็นเวลา 1000 วินาที ในขณะที่มีแผ่นไม้อัดหนา 8 มม. ซึ่งมีความชื้นต่าง ๆ กันในช่วง 0 ถึง 50 % เทียบกับในขณะที่ไม่มีแผ่นไม้อัด ในการวิจัยนี้ได้เปลี่ยนตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสี 3 ตำแหน่ง คือ ที่ระยะ 0, 5.5 ซม. และ 10 ซม. จากปากหลุมตามลำดับ (ดังในรูปที่ 4.6) ผลการวิจัยแสดงไว้ใน ตารางที่ 5.1 และกราฟในรูปที่ 5.1

ต่อมาได้ทำการวิจัยซ้ำ โดยเจาะขยายหลุมที่ด้านบนของกล่องพาราฟิน ให้มีขนาดกว้าง 6 ซม. ยาว 25 ซม.และลึก 10 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 5.2 และกราฟในรูปที่ 5.2



รูปที่ 4.6 แผนภาพแสดงลักษณะของกล่องพาราฟินตันที่มีหลุมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 ซม. ลึก 10 ซม. และตำแหน่งของต้นกำเนิดนิวตรอนในหลุม



รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงลักษณะของกล่องพาราฟินตันที่มีหลุมขนาด 6 ซม.x 20 ซม. x 10 ซม. และตำแหน่งของต้นกำเนิดนิวตรอนในหลุม

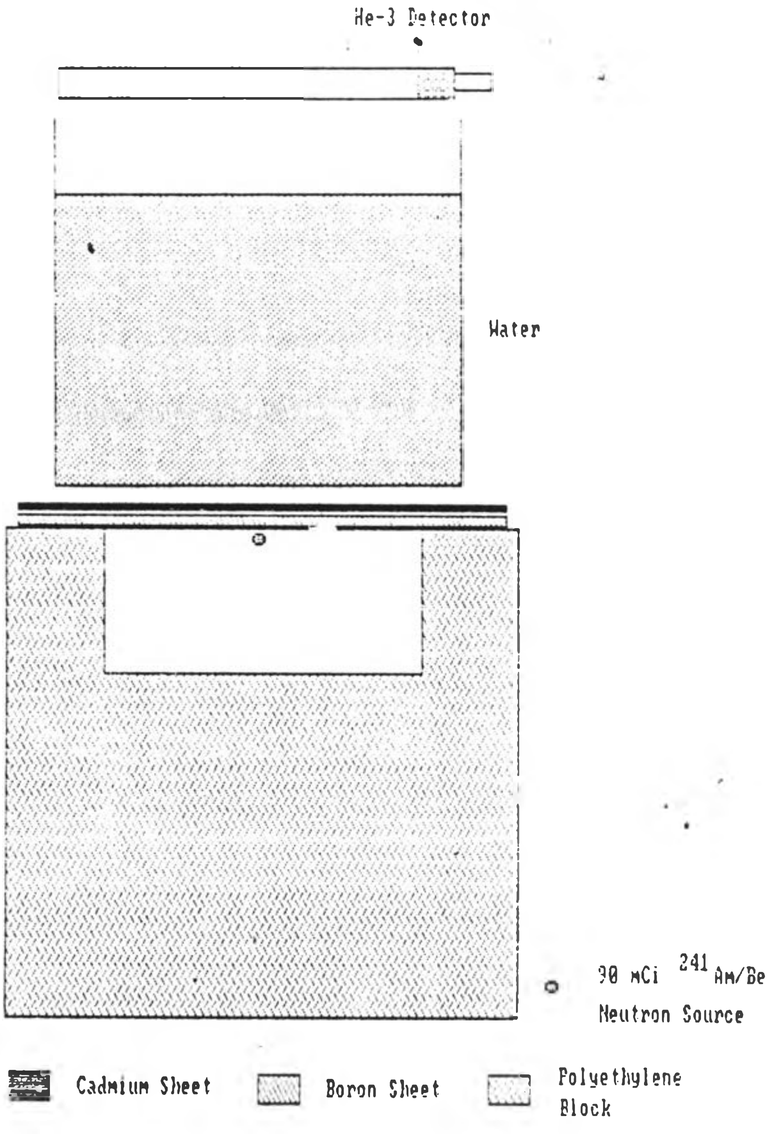
4.2.1.2 การเพิ่มความไวในการวัดรังสีนิวตรอน

จากผลการวิจัยที่ผ่านมาโดยการใช้หัววัดรังสีนิวตรอนแบบบรรจุก๊าซโบรอนไตรฟลูออไรด์ พบว่าความไวในการวัดรังสีนิวตรอนไม่ค่อยดีนัก เนื่องจากเป็นหัววัดที่บรรจุก๊าซโบรอนไตรฟลูออไรด์ที่ความดัน 700 มม.ของปรอท ส่วนหัววัดฮีเลียม-3 ที่ได้มาใหม่บรรจุก๊าซฮีเลียม-3 ผสมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความดัน 15200 มม.ของปรอท จึงได้ทำการเปรียบเทียบความไวในการวัดรังสีนิวตรอนของหัววัดรังสี 2 ชนิดนี้เพื่อจะได้เลือกใช้หัววัดรังสีที่เหมาะสมสำหรับการวิจัยขั้นต่อๆไป ในการเปรียบเทียบนี้ได้ใช้พาราฟินที่เจาะหลุมให้นิวตรอนช้าออกมาขนาด 6 ซม. x 20 ซม. x 10 ซม. ที่ใช้ในการวิจัยที่ผ่านมา และวางต้นกำเนิดรังสีไว้ที่ก้นหลุม(ระยะลึก 10 ซม.จากปากหลุม) ต่อจากนั้นได้ทดลองวัดความเข้มของนิวตรอนช้า ที่เกิดจากการส่งผ่านเคมีเทอร์มาลนิวตรอน

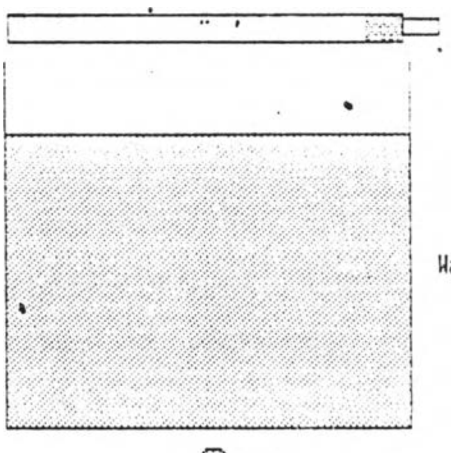
ผ่านแผ่นไม้อัดหนา 10 เซนติเมตร โดยใช้หัววัดรังสี 2 ชนิดนี้ นอกจากนั้นยังได้ทำการวัดความเข้มของนิวตรอน เมื่อมีแผ่นแคดเมียมหนา 0.5 มม.กั้นหน้าหัววัดรังสีด้วย เพื่อตรวจสอบความไวในการวัดนิวตรอนที่มีพลังงานต่ำกว่า และสูงกว่า 0.5 อิเล็กตรอนโวลต์ด้วย เพราะแคดเมียมหนา 0.5 มม.สามารถจับนิวตรอนที่มีพลังงานตั้งแต่ 0.5 อิเล็กโวลต์ลงมาได้หมด ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 5.3, 5.4 และกราฟรูปที่ 5.3

4.2.1.3 การหาระยะสโลวิงดาวน์ (slowing - down length)ของเอพิเทอร์มาลนิวตรอนและนิวตรอนเร็วในน้ำ

จากหลักการใช้เอพิเทอร์มาลนิวตรอนในการวัดความชื้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้นิวตรอนเร็วที่ใช้กันทั่วไป วิธีเอพิเทอร์มาลนิวตรอนมีความไวสูงกว่า เพราะเอพิเทอร์มาลนิวตรอนต้องการจำนวนครั้งในการชนกับโมเลกุลของน้ำน้อยกว่านิวตรอนเร็ว ในการที่จะลดพลังงานลงมาเป็นนิวตรอนช้าดังได้กล่าวมาแล้ว การวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบ ระยะสโลวิงดาวน์ของเอพิเทอร์มาลนิวตรอน และนิวตรอนเร็วในน้ำ เพื่อแสดงให้เห็นว่า นิวตรอนที่นำออกมาใช้ในการวัดความชื้น มีพลังงานอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่านิวตรอนเร็วตามที่ต้องการ การจัดอุปกรณ์วิจัยในการหาระยะสโลวิงดาวน์นี้แสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9 จากนั้นได้ใช้หัววัดฮีเลียม-3 วัดความเข้มของนิวตรอนช้าที่เกิดที่ระดับของน้ำต่าง ๆ กัน เมื่อส่งผ่านเอพิเทอร์มาลนิวตรอน และนิวตรอนเร็วผ่านน้ำ ตามลำดับ ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 5.5 และกราฟรูปที่ 5.4



รูป 4.8 แผนภาพแสดงจัดอุปกรณ์ในการหาระยะสไลวิงดาวน์ในน้ำของเอพิเทอร์มาลนิวตรอน



รูป 4.9 แผนภาพแสดงจัดอุปกรณ์ในการหาระยะสโลวิ่งดาวน์ในน้ำของนิวตรอนเร็ว

4.2.2 การสร้างกราฟปรับเทียบในการวัดความชื้นของแผ่นไม้อัด กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบและแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

จากผลการวิจัยขั้นที่ผ่านๆมา ทำให้ได้ข้อมูลสำหรับการจัดระบบผลิตเอพิเทอร์มาลนิวตรอน และการวัดรังสีนิวตรอน ที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มีอยู่ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- ใช้พาราฟินตันขนาด 30 ซม.x 30 ซม.x 30 ซม. ที่เจาะหลุมให้มีขนาด 6 ซม.x 20 ซม.x 10 ซม. สำหรับให้นิวตรอนช้าออกมาทางด้านบน
- วางต้นกำเนิดรังสีไว้ที่ตรงกลางบริเวณปากหลุม ที่เจาะให้นิวตรอนช้าออกมา
- ใช้แคดเมียมหนา 0.5 มม. 1 แผ่น และแผ่นยางผสมโบรอนหนา 3 มม. 1 แผ่นปิดด้านบนแท่งพาราฟิน เพื่อดูดจับนิวตรอนช้าออกไปให้เหลือแต่เอพิเทอร์มาลนิวตรอนออกมา

- ใช้หัววัดซีเลียม-3 ในการวัดนิวตรอนช้า

หลังจากจัดอุปกรณ์ตามที่กล่าวมาแล้ว จึงทำการสร้างกราฟปรับเทียบสำหรับใช้ในการวัดความชื้นของแผ่นวัสดุก่อสร้าง 6 ชนิด คือ แผ่นไม้อัดที่มีความหนา 10, 15 และ 20 มม. กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบหนา 4 และ 6 มม. และแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์หนา 4 มม. โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

- นำแผ่นวัสดุชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าไว้ แล้วทำการนับรังสีนิวตรอนช้าที่เกิดจากการส่งผ่านเอพิเทอร์มาลนิวตรอน 3 ครั้ง ๆ ละ 200 วินาที หาค่าเฉลี่ยและวัดรังสีนิวตรอนช้าที่ได้จากแผ่นพาราฟินขนาดขนาด 20 ซม. x 30 ซม.x 2 ซม.(ซึ่งใช้เป็นวัสดุมาตรฐานตรวจสอบความเที่ยงตรงในการนับรังสีนิวตรอนที่อ่านได้) 3 ครั้งๆละ 100 วินาที บันทึกผลที่ได้

- นำแผ่นวัสดุแผ่นวัสดุไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) กระทรวงอุตสาหกรรม บันทึกน้ำหนักของแผ่นวัสดุที่อบแห้งแล้ว และนำตัวอย่างแผ่นไม้อัดไปทำการนับจำนวนรังสีนิวตรอนช้าที่เกิดขึ้นจากการส่งผ่านเอพิเทอร์มาลนิวตรอน 3 ครั้ง ๆ ละ 200 วินาที หาค่าเฉลี่ยและนับรังสีนิวตรอนช้าที่เกิดขึ้นเมื่อใช้แผ่นพาราฟินที่ใช้เป็นตัวอย่างมาตรฐาน ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงในการนับรังสีอีก 3 ครั้งๆ ละ 100 วินาที บันทึกผลที่ได้

- นำแผ่นวัสดุไปแช่น้ำในถังพลาสติก ที่เตรียมไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าน้ำหนัก แล้วทำการนับเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ผ่านมา บันทึกผลที่ได้ จากนั้นนำแผ่นไม้อัดมาผึ่งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ทำการนับจำนวนรังสีนิวตรอนอีก ทำเช่นนี้จนกระทั่งน้ำหนักของแผ่นวัสดุค่อนข้างคงที่แล้ว

- เมื่อความชื้นของแผ่นวัสดุค่อนข้างคงที่แล้ว จึงได้นำเอาแผ่นวัสดุไปอบในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 50 °C เวลา 30 นาที เพื่อให้ความชื้นลดลงอีก ชั่งน้ำหนักและทำการนับจำนวนรังสีนิวตรอน 3 ครั้ง ๆ ละ 200 วินาที บันทึกผลที่ได้และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับที่ผ่านมา จนกระทั่งน้ำหนักของแผ่นวัสดุคงที่ (ไม่มีมีความชื้นแล้ว)

- นำน้ำหนักที่บันทึกไว้ มาคำนวณหาเปอร์เซนต์ความชื้นของแต่ละครั้ง พร้อมทั้งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ความชื้นของแผ่นวัสดุแต่ละชนิดกับจำนวนนับรังสีเฉลี่ย ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.5 ถึง 5.7 ส่วนข้อมูลจำนวนนับรังสี และความชื้นของแผ่นวัสดุแต่ละชนิด แสดงไว้ในตารางที่ 5.6 ถึง 5.11

4.2.3 การทดลองหาความชื้นในแผ่นไม้อัด กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ และแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีความหนาต่าง ๆ กัน

การวิจัยขั้นนี้เป็นการทดสอบวิธีการวัดความชื้น ด้วยวิธีการส่งผ่านเอพิเทอร์มาลนิวตรอน ในการหาความชื้นของแผ่นวัสดุก่อสร้าง 6 ชนิดที่ทำการสร้างกราฟปรับเทียบไว้ในขั้นตอนที่ผ่านมา โดยทำการสุ่มตัวอย่างแผ่นวัสดุที่มีความชื้นต่างๆกันมาวัดความเข้มของรังสีนิวตรอนช้าที่เกิดขึ้นจากการส่งผ่านเอพิเทอร์มาลนิวตรอนเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ผ่านมา แล้วนำจำนวนนับรังสีไปอ่านค่าความชื้นจากกราฟปรับเทียบของวัสดุแต่ละชนิด จากนั้น จึงนำแผ่นวัสดุไปหาความชื้นด้วยวิธีมาตรฐานเพื่อหาค่าที่ถูกต้องเปรียบเทียบกัน ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 5.12 ถึง 5.16