บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยได้ผลสรุปได้ดังนี้

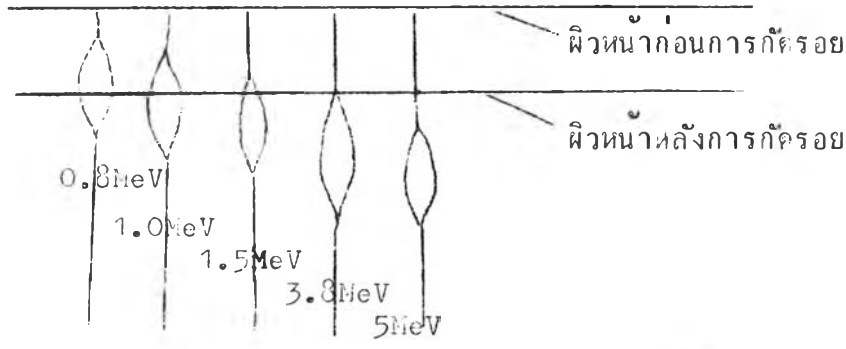
7.1.1 การทดลองหาเงื่อนไขที่เหมาะสม ในการกัดรอยอนุภาคแอลฟา ที่เกิดจากปฏิกริยา (n,α) บนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท เมื่ออาบนิวตรอน โดยกัดรอยอนุภาคแอลฟาด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 % เพื่อให้ได้ความหนาแน่นรอยสูงสุด ปรากฏผลดังนี้

ที่อุณหภูมิ	40	องศาเซลเซียส	เวลาที่เหมาะสม	3 ชั่วโมง
ที่อุณหภูมิ	50	องศาเซลเซียส	เวลาที่เหมาะสม	50 นาที
ที่อุณหภูมิ	60	องศาเซลเซียส	เวลาที่เหมาะสม	20 นาที
ที่อุณหภูมิ	70	องศาเซลเซียส	เวลาที่เหมาะสม	8 นาที

จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นรอยที่ได้จากการกัดรอยที่อุณหภูมิต่างๆกัน ตามเวลาที่เหมาะสมสำหรับอุณหภูมินั้นๆ พบว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นจึงได้พิจารณาเงื่อนไขในการกัดรอยโดยดูจากความเหมาะสม ในเรื่องเวลาและอุณหภูมิ คือควรจะเป็นเวลาสั้น แต่อุณหภูมิไม่ควรสูงจนเกิดการระเหยมากทำให้ ความเข้มข้นของสารละลายเปลี่ยนไปในระหว่างการกัดรอยนั้นๆ และได้ตัดสินใจเลือกเงื่อนไขในการกัดรอยอนุภาคแอลฟาบนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท ที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยมีเวลาที่เหมาะสม 20 นาที

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟากับเวลาในการกัดรอย ที่อุณหภูมิต่างๆกัน ตามรูปที่ 6.3 , 6.4 , 6.5 , และ 6.6 จะเห็นว่ามีลักษณะคล้ายกัน คือในช่วงแรกความหนาแน่นรอยจะเพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มสูง และต่อมาอัตราการเพิ่มจะค่อยๆลดลงจนคงที่ แล้วจึงค่อยเริ่มมี

การลดลง แต่อัตราการลดนี้จะน้อยกว่าอัตราการเพิ่มในช่วงแรก คำอธิบายคือ ในช่วงแรกนั้นรอยที่อยู่ลึกยังไม่ถูกกัดขยาย จึงยังมองไม่เห็น คงเห็นเฉพาะรอยที่อยู่ตื้นๆ แต่เมื่อเพิ่มเวลาขึ้นไปอีก รอยที่อยู่ลึกถูกกัดขยายให้มองเห็นด้วยความหนาแน่นรอยจึงเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.1 แผนภาพแสดงรอยของอนุภาคแอลฟา เมื่ออนุภาคที่วิ่งชนมีพลังงานต่างๆกัน ในดีเทคเตอร์ซิลลูโลสไนเตรท เมื่อกัดในสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2.5 นอร์มาล อุณหภูมิ 18° ซ. เวลา 20 ชม.

เมื่อเพิ่มเวลามากขึ้นไปอีกรอยที่อยู่ตื้นจะถูกกัดขยายไปอัตราการเพิ่มจึงค่อยๆช้าลงจนในที่สุดไม่มีการเพิ่มและเริ่มน้อยลง เมื่อรอยที่ถูกกัดออกไปเริ่มมากกว่ารอยที่ถูกกัดให้มองเห็นเพิ่มขึ้น

จากผลการวิจัยในขั้นนี้สรุปได้ว่า ความหนาแน่นรอยสูงสุดเมื่อกัดรอยที่อุณหภูมิต่างๆกันไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่ออุณหภูมิคงที่ความหนาแน่นรอยจะเพิ่มขึ้นตามเวลาในการกัดรอยในช่วงแรกต่อมาจะคงที่แล้วจึงค่อยๆลดลงเมื่อเพิ่มเวลาในการกัดรอยให้มากขึ้นไปอีก และได้เลือกใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยกัดรอยเป็นเวลา 20 นาที

7.1.2 จากผลการทดลองในข้อ 7.1.1 พบว่าเมื่อใช้สารละลายความเข้มข้นคงที่ เวลาที่กัดรอยได้ความหนาแน่นรอยสูงสุดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการกัดรอยเพิ่มขึ้น ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6.6 ซึ่งการลดลงนี้เกือบจะเป็นแบบ exponential และจากกราฟจะหาเวลาที่เหมาะสมในการกัดรอยให้ได้ความหนาแน่นรอยสูงสุดได้ในช่วงอุณหภูมิ 40-70 องศาเซลเซียสด้วย

7.1.3 ในการวิจัยถึงความสัมพันธ์ ระหว่างความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดจากปฏิกริยา (n,α) เมื่อนำฟิล์มอายนิวตรอน พบว่ามีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น ทั้งเทอร์มาลและเอพิเทอร์มาลนิวตรอน ดังแสดงในกราฟ รูปที่ 6.8,6.9 และ 6.10 ผลจากการวิจัยในขั้นนี้เป็นเครื่องยืนยันความเหมาะสมในการใช้ฟิล์มชนิดนี้ เป็นเครื่องวัดปริมาณนิวตรอนประจำบุคคลได้ดี เพราะจำนวนรอยจะแปรผันตามปริมาณนิวตรอนที่มากระทบกับฟิล์มทั้งชนิดเทอร์มาลและเอพิเทอร์มาลนิวตรอน

7.1.4 การทดลองเพื่อหานิวตรอนฟลักซ์จากต้นกำเนิดนิวตรอน ชนิดพลูโตเนียม-เบอริลเลียม แช่ในน้ำ และจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูขณะที่เดินเครื่องกำลัง 500 วัตต์ ได้ผลดังนี้

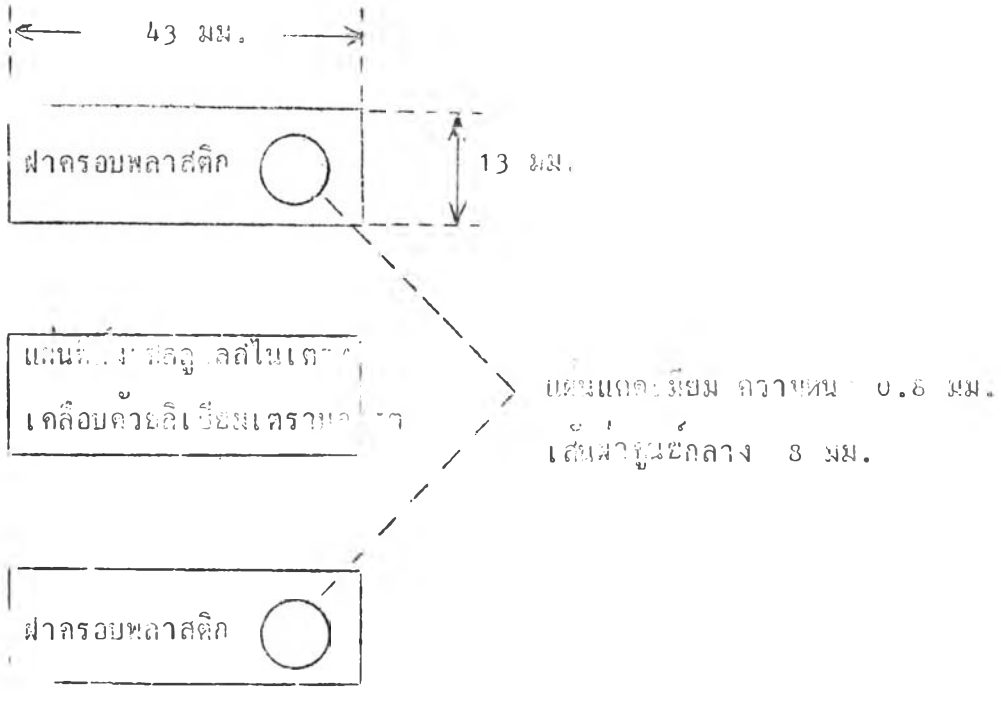
ต้นกำเนิด	ระยะห่างต้นกำเนิด	เทอร์มาลฟลักซ์	เอพิเทอร์มาลฟลักซ์
Pu-Be แช่ในน้ำ	78 มม.	4.640×10^{4}	4.718×10^{3}
	128 มม.	1.380×10^{4}	8.468×10^{2}
	205 มม.	3.806×10^{3}	2.147×10^{2}
เครื่องปฏิกรณ์ 500 วัตต์	-	3.082×10^{7}	1.611×10^{6}

7.1.5 การวิจัยเพื่อหาความไวในการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาของฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท จากปฏิกริยา (n,α) เมื่ออายนิวตรอน ได้ผลดังนี้คือ

ต้นกำเนิดนิวตรอน	ความไวในการบันทึกรอย	
	tracks/thermal $^{1}_{0}n$	tracks/epithermal $^{1}_{0}n$
Pu-Be แช่ในน้ำ	1.086×10^{-3}	3.438×10^{-4}
เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู กำลัง 500 วัตต์	1.126×10^{-3}	4.020×10^{-4}
เฉลี่ย	1.106×10^{-3}	3.729×10^{-4}

7.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยในข้อที่ 6.8,6.9 และ 6.10 ได้ว่ารวยของอนุภาคแอลฟ่า ที่เกิดจากปฏิกริยา(n, α) เมื่อฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทอาบนิวตรอน แปรผันตามเวลาในการอาบนิวตรอน หรือแปรผันตามปริมาณนิวตรอนนั่นเอง ประกอบกับผลการวิจัยในข้อ 6.9 ทำให้ทราบความไวในการบันทึกรอยของฟิล์ม เมื่อนำมาประกอบกัน จะเห็นได้ว่าฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทที่ใช้ในการทดลอง สามารถนำมาใช้ในเครื่องวัดนิวตรอนประจำบุคคลได้ดี และเมื่อสามารถทราบปริมาณนิวตรอนได้ ก็จะสามารถทราบค่าโดสที่ได้รับจากนิวตรอนด้วยตามข้อ 5.11 โดยแบบของเครื่องวัดปริมาณนิวตรอนประจำบุคคลที่จะเสนอเป็นดังนี้



จากแผนภาพ เครื่องวัดปริมาณนิวตรอนประจำบุคคลจะประกอบด้วยฝาครอบพลาสติกความหนาไม่มากนัก สองแผ่นใช้ประกบให้แผ่นฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท ที่เคลือบทั้งสองด้วย ลิเธียมเตราบอเรตไว้ตรงกลาง โดยมีแผ่นแคดเมียมความหนา 0.8 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. อยู่บนฝาครอบทั้งสองด้านในตำแหน่งตรงกัน เพื่อทำหน้าที่

จับเทอร์มาลนิวตรอนไว้คงปล่อยให้เอพิเทอร์มาลนิวตรอนผ่านเข้าไปถึงฟิล์มได้ ทั้งนี้เพื่อเมื่อนำไปกัดรอยแล้วส่องตรวจนับรอยด้วยกล้องจุลทัศน์ จะได้ทราบรอยที่เกิดจาก เทอร์มาลนิวตรอน และรอยที่เกิดจาก เอพิเทอร์มาลนิวตรอนได้เนื่องจากลักษณะของรอยไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างรอยที่เกิดจากนิวตรอนทั้งสองพลังงานได้

เครื่องวัดนิวตรอนประจำบุคคลนี้จะมีขนาดเล็กสามารถใช้คิดตัวผู้ที่ทำงานในบริเวณที่มีนิวตรอนได้สะดวก และเมื่อต้องการจะทราบโดสจากนิวตรอนที่ได้รับก็จะทำได้โดยการถอดฟิล์มออกมากัดรอย ด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 60° ซ. และใช้เวลาที่เหมาะสม 20 นาที จากนั้นก็นำฟิล์มดังกล่าวมาส่องดูด้วยกล้องจุลทัศน์เพื่อตรวจนับรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดบนฟิล์ม โดยแนะนำให้ใช้กล้องที่มีกำลังขยายประมาณ 600 เท่าจะเห็นรอยมีขนาดโตพอเหมาะแก่การนับ ในการนับรอยเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องพอสมควรจึงควรอ่านอย่างน้อย 50 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งการอ่านต้องอ่านทั้งบริเวณที่หุ้มและไม่หุ้มแคดเมียม เมื่อนำความหนาแน่นรอยจากบริเวณที่หุ้มแคดเมียมลบออกจากความหนาแน่นรอยที่ได้จากบริเวณที่ไม่หุ้มจะได้ความหนาแน่นรอยที่เกิดจาก เทอร์มาลนิวตรอน

เมื่อทราบความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดจาก เทอร์มาล และเอพิเทอร์มาลนิวตรอนแล้ว จะหาโดสจากนิวตรอนได้ โดยทราบความไวในการบันทึกรอยที่เกิดจากนิวตรอนทั้งสองพลังงาน และทราบค่านิวตรอนที่จะให้โดส ตามหัวข้อที่ 5.11 จะคำนวณโดสจากนิวตรอนได้ ดังนี้

โดสจากเทอร์มาลนิวตรอน = ความหนาแน่นรอยจากเทอร์มาลนิวตรอน (n / $cm.^2$)

$\times$ (1.106×10^{-3} tracks/thermal neutron)$^{-1}$

$\times$ (9.36×10^5 n / $cm.^2$ / m Rem)$^{-1}$

โดสจากเอพิเทอร์มาลนิวตรอน = ความหนาแน่นรอยจากเอพิเทอร์มาลนิวตรอน (n/$cm.^2$)

$\times$ (3.729×10^{-4} tracks/epithermal neutron)$^{-1}$

$\times$ (9.36×10^5 n / $cm.^2$/ m Rem)$^{-1}$