บทที่ 6

วิจารณ์ สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับนิวตรอนเร็ว

ในการทำการทดลองเพื่อที่จะวัดโดสของนิวตรอนเร็วที่ระยะต่าง ๆ โดยแสดงผลออกมาเป็นรูปกราฟที่ 5.1 นั้น ได้มีการทำการทดลอง 2 วิธี ตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 คือ

วิธีที่ 1 หนุนแหล่งกำเนิดนิวตรอนสูงจากพื้น 13 ซ.ม. วางถังน้ำกับพื้นและไม่ใช้ตะกั่วครอบแหล่งกำเนิดนิวตรอน

วิธีที่ 2 หนุนแหล่งกำเนิดนิวตรอนและถังน้ำสูงจากพื้น 69 ซ.ม. และใช้ตะกั่วครอบแหล่งกำเนิดนิวตรอน

ในการทำการทดลองทั้ง 2 วิธีนี้นั้น ผลการทดลองที่ได้ควรจะมีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรงเส้นเดียวกัน หรือมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมากเพราะได้มีการใช้ค่าแก้หรือค่าอัตราส่วนความไวของแผ่น LiF ของชนิด(ก) ต่อชนิด(ข) ตามตารางที่ 3.1 ในการทดลองทั้ง 2 วิธีดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งค่าแก้นี้จะเป็นการตัดปัญหาการกระเจิงของนิวตรอนจากพื้นและนิวตรอนภายนอกที่เข้ามาเกี่ยวข้อง (ถ้ามี) ค่าอัตราส่วนความไวของผลึก LiF ชนิด(ก) ต่อชนิด(ข) นี้จะมีค่ามากขึ้นตามระยะทางที่มากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะ ถ้าระยะทางยิ่งมากขึ้นโอกาสในการเกิดการกระเจิงของนิวตรอนจากพื้นก็มากขึ้น ทำให้มีอัตราส่วนมากขึ้นไปด้วย สำหรับค่าอัตราส่วนความไวของผลึก LiF ชนิด(ก) ต่อชนิด(ข) ที่ได้มาตามตารางที่ 3.1 นั้นได้มากจากการใช้แหล่งกำเนิดนิวตรอนแบบ Am-Be ที่ใช้ในการทดลอง อนึ่ง ได้เคยทำการทดลองโดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีแกมมาบริสุทธิ์ (pure gamma source) ผลปรากฏว่า อัตราส่วนความไวของผลึก LiF ชนิด(ก) ต่อชนิด(ข) จะมีค่าเท่ากันทุกระยะทางคือ 1 ต่อ 1

ส่วนผลการทดลองที่ได้นั้นเส้นกราฟจากการทดลองทั้ง 2 วิธีนี้ ปรากฏว่ามีลักษณะที่ไม่ใกล้เคียงกันเลย ทั้งนี้เนื่องมาจากการทำการทดลองทั้ง 2 วิธีนี้ได้ใช้เครื่องอ่านรังสี TLD ที่มีความไวของเครื่องอ่านต่างกัน จึงทำให้ได้เส้นกราฟที่ต่างกันออกไป ในการทำการทดลองตามวิธีที่ 1 นั้น ได้ทำการทดลองที่ระยะทางค่าเดียวเท่านั้น เนื่องจากทราบว่าเส้นกราฟจากการทดลองนี้จะเป็นเส้นตรงและผ่านจุดกำเนิดเหมือนกับการทดลองตามวิธีที่ 2 ที่ได้ทำการทดลองมาก่อนล่วงหน้า ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดเวลา

จากการที่ได้ใช้แผ่นตะกั่วครอบแหล่งกำเนิดนิวตรอนในการทำการทดลองตามวิธีที่ 2 นั้นไม่ได้ทำให้ผลการทดลองผิดพลาดไปแต่อย่างใด เพียงแต่เป็นการลดปริมาณรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนให้เข้ามาเกี่ยวข้องกับการทดลองน้อยลง หรืออาจจะกล่าวได้ว่าเป็นการลดค่าความคลาดเคลื่อนนั่นเอง ตัวอย่างเช่น

ในการทดลองวิธีที่ 1 ที่ระยะ 58 ซ.ม. ไม่ใช้ตะกั่วครอบแหล่งกำเนิดนิวตรอน

ผลึก LiF ชนิด(ก) บันทึกได้ 330.78 ± 11.69

ผลึก LiF ชนิด(ข) บันทึกได้ 192.7 ± 6.4

ที่ระยะ 58 ซ.ม. อัตราส่วนความไวของ LiF $\frac{\text{ชนิด(ก)}}{\text{ชนิด(ข)}}$ เป็น 1.31 ± 0.15

$$\therefore \text{ปริมาณแสงที่อ่านได้คือ } \left[(330.78 \pm 11.69)\right] - \left[(192.7 \pm 6.4)(1.31 \pm 0.15)\right]$$

$$= 78.3 \pm 32.3$$

จะเห็นว่าความคลาดเคลื่อนมีค่าถึง 41.2 %

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการทดลองวิธีที่ 2 ที่ระยะ 58 ซ.ม. ใช้ตะกั่วครอบแหล่งกำเนิดนิวตรอน

ผลึก LiF ชนิด(ก) บันทึกได้ 71.46 ± 4.14

ผลึก LiF ชนิด(ข) บันทึกได้ 7.51 ± 1.06

ที่ระยะ 58 ซ.ม. อัตราส่วนความไวของ LiF $\frac{\text{ชนิด(ก)}}{\text{ชนิด(ข)}}$ เป็น 3.38 ± 0.36

$$\therefore \text{ปริมาณแสงที่อ่านได้คือ } \left[(71.46 \pm 4.14)\right] - \left[(7.51 \pm 1.06)(3.38 \pm 0.36)\right]$$

$$= 45.9 \pm 4.8$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเพียง 10.5 % เท่านั้น

จะเห็นว่าที่ระยะ 58 ซ.ม. เท่ากัน แต่ค่าปริมาณแสงที่อ่านได้จากการทดลองทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องมาจาก เครื่องอ่านรังสี TLD ที่ใช้ในการทดลองทั้ง 2 วิธีนี้มีความไวต่างกัน

จากตัวอย่างข้างต้นนี้ได้นำมาจากผลการทดลองจริง ๆ จะเห็นได้ว่าในการทดลองตามวิธีที่ 1 นั้น จะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าวิธีที่ 2 อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เป็นเพราะผลึก LiF ชนิด(ข) จะบันทึกค่าได้มาก ซึ่งส่วนมากเป็นปริมาณรังสีที่มาจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน เมื่อนำค่าที่ได้นี้มาคูณกับค่าอัตราส่วนความไวของผลึก LiF ชนิด(ก) ต่อชนิด(ข) แล้วนำไปหักออกจากค่าที่บันทึกได้ของผลึก LiF ชนิด(ก) ก็จะทำให้ค่าปริมาณแสงที่อ่านได้มีค่าน้อยลง ตรงกันข้ามเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนตามวิธีในบทที่ 3 จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมากขึ้นกว่าเดิม ดังนั้นเมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วจะทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนมาก ส่วนในการทดลองตามวิธีที่ 2 ผลึก LiF ชนิด(ข) จะบันทึกค่ารังสีแกมมาได้น้อย เนื่องจากมีตะกั่วครอบแหล่งกำเนิดนิวตรอนไว้ เมื่อนำไปคำนวณค่าปริมาณแสงที่อ่านได้ก็จะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลองตามวิธีที่ 1

ในการทดลองที่เกี่ยวข้องกับนิวตรอนเร็วนี้เส้นกราฟทั้ง 2 เส้นนี้ สามารถที่จะนำไปใช้อ่านค่าโดสของนิวตรอนเร็วได้ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความไวของเครื่องอ่านรังสี TLD ที่ใช้ด้วย คือ ถ้าความไวของเครื่องอ่านรังสี TLD ไม่เท่ากัน จะทำให้อ่านค่าโดสของนิวตรอนเร็วต่างกันออกไปด้วย

6.2 วิจารณ์ และสรุปผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับนิวตรอนช้า

เมื่อพิจารณารูปกราฟที่ 5.2 และ 5.3 ในบทที่ 5 จะเห็นว่ารูปกราฟที่ได้จากทฤษฎีทั้ง 4 รูป เมื่อเปรียบเทียบกับรูปกราฟที่ได้จากการทดลอง พบว่าจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันบ้างในบริเวณก่อนที่จะถึงจุดสูงสุดของเส้นกราฟ คือที่ระยะทางประมาณ 0 - 6 ซ.ม. แต่หลังจากระยะ 6 ซ.ม. เป็นต้นไป รูปกราฟจากทฤษฎีและการทดลองจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เนื่องจากในทางทฤษฎีคิดว่านิวตรอนจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนเมื่อ วิ่งออกไปชนกับอะตอมของตัวกลางแล้วจะทำให้เกิดการกระเจิงไปมีปริมาณเท่า ๆ กันในทุกทิศทุกทาง ทั้งด้านหน้า ด้านข้างและด้านหลัง แต่ความเป็นจริงแล้วนั้นนิวตรอนที่วิ่งออกมาจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนจะวิ่งไปชนกับอะตอมของตัวกลาง (น้ำ) แล้วกระเจิงไปข้างหน้ามากกว่าบริเวณอื่น ๆ[1] นิวตรอนพวกนี้จะสามารถวิ่งไปได้ระยะทางไกล ๆ ก่อนที่จะถูกดูดกลืน จึงทำให้เส้นกราฟจากการทดลองลดลงช้ากว่าทางทฤษฎี

จากการเปรียบเทียบผลการทดลองและทฤษฎีต่าง ๆ ทั้ง 4 วิธี จะเห็นว่าทฤษฎีดังกล่าวยังไม่สามารถที่จะอธิบายถึงการแจกแจงของการแพร่กระจายของนิวตรอนช้าในน้ำได้ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น

---

[1] K.H. Beckurts and K. Wirtz, Neutron Physics (New York : Springer-Verlag, 1964), pp. 351-352.

6.3 ข้อเสนอแนะ

ในการทำการทดลองเกี่ยวกับการวัดนิวตรอนโดยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ ทั้งหมดนี้เราสามารถที่จะปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ดีขึ้นกว่าเดิมได้อีก คือ

1) ควรที่จะใช้ตะกั่วครอบแหล่งกำเนิดนิวตรอน เพราะจะทำให้ความคลาดเคลื่อนในการทดลองลดน้อยลง เพราะการใช้ตะกั่วครอบแหล่งกำเนิดนิวตรอนจะไปช่วยลดปริมาณรังสีแกมมาที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดให้เข้ามายุ่งเกี่ยวกับการทดลองน้อยลง

2) จากการพิจารณาผลการทดลองเกี่ยวกับนิวตรอนเร็วตามวิธีที่ 2 จากตารางที่ 5.2 พบว่า ที่ระยะทางน้อย ๆ (หรืออาจจะกล่าวได้ว่าโดสของนิวตรอนเร็วมีค่ามาก) ร้อยละของความคลาดเคลื่อนจะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับที่ระยะทางมาก ๆ ตัวอย่างเช่น ที่ระยะ 51 ซ.ม. มีร้อยละของความคลาดเคลื่อนเป็น 7.64 % ส่วนที่ระยะ 100 ซ.ม. มีร้อยละของความคลาดเคลื่อนถึง 21.62 % ดังนั้น ในการทำการทดลองเพื่อเขียนกราฟ calibration curve เมื่อใช้แหล่งกำเนิดนิวตรอนที่มีความแรงมาก ๆ (จะให้โดสของนิวตรอนเร็วมีค่ามากด้วย) ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ตะกั่วครอบแหล่งกำเนิดนิวตรอน ทั้งนี้เพราะค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในกรณีดังกล่าวนี้มีค่าน้อยอยู่แล้ว การทดลองดังกล่าวข้างต้นนี้ควรจะได้ผลเหมือนกันกับที่ได้ทำการทดลองมาแล้วในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งจะประหยัดเวลาที่ใช้ในการทดลองอีกด้วย

3) อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ส่วนใหญ่ยังมีความเที่ยงตรงแม่นยำค่อนข้างน้อย เห็นได้จากตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ทำซ้ำกัน จะอ่านค่าออกมาได้ไม่เหมือนกัน จะแตกต่างกันค่อนข้างมาก เครื่องมือและอุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ เครื่องบันทึกนิวตรอน (แผ่น LiF) และเครื่องอ่านรังสี TLD เครื่องบันทึกนิวตรอนนั้นถ้าบริเวณแผ่น LiF เกิดชำรุดเสียหายหรือสกปรกเพียงเล็กน้อย ก็จะทำให้การบันทึกหรือการอ่านค่าต่าง ๆ จากเครื่องบันทึกนิวตรอนนี้ผิดพลาดไปได้

การชำรุดเสียหายนั้นส่วนมากเกิดขึ้นในกรณีที่นำไปอ่านโดยใช้เครื่องอ่านรังสี TLD เนื่องจากจะต้องมีระบบการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงพอประมาณแก่แผ่น LiF เสียก่อน ปริมาณความร้อนนี้อาจจะทำให้สภาพของผลึก LiF เกิดการชำรุดเสียหายหรือเปลี่ยนสภาพจากเดิมไปบ้างไม่มากก็น้อย จึงทำให้แผ่น LiF นี้บันทึกปริมาณนิวตรอนได้ไม่เที่ยงตรงแน่นอนมากนัก อีกประการหนึ่ง บริเวณผลึก LiF นั้นจะมีแผ่นพลาสติกห่อหุ้มอยู่ เป็นพลาสติกที่ทนความร้อนได้ดี มีชื่อว่า Teflon พลาสติกนี้จะป้องกันไม่ให้ความชื้นมายุ่งเกี่ยวกับผลึก LiF เมื่อนำแผ่น LiF นี้ไปรับรังสี แล้วนำมาอ่านโดยใช้เครื่องอ่านรังสี TLD ปริมาณความร้อนจากระบบการให้ความร้อนอาจทำให้พลาสติก Teflon ดังกล่าวนี้มีลักษณะบิดเบี้ยว โค้ง งอ ผิดไปจากรูปเดิม เมื่อมีการใช้แผ่น LiF หลาย ๆ ครั้งติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้จะมีผลกระทบต่อไปได้อีก กล่าวคือ แผ่น LiF ดังกล่าวข้างต้นนี้เมื่อนำไปอ่านค่าจะได้ค่าที่ไม่ถูกต้องนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากระบบการให้ความร้อนของเครื่องอ่านรังสี TLD จะไม่สามารถให้ความร้อนแก่ผลึก LiF ได้เต็มที่ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ ถ้าได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นจะทำให้การทำการทดลองนี้ประหยัดเวลาและทำให้ได้ผลการทดลองที่ดีน่าเชื่อถือมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย