หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เครื่องมือเครื่องใช้ในการทดลอง

3.1 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูนี้เป็นแบบ ทริกา มาร์ค III (TRIGA Mark III) ซึ่งเป็นแบบที่มีใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลกในปัจจุบัน เพราะเหมาะแก่การฝึกหัดการวิเคราะห์วิจัยและผลิตไอโซโทป สร้างโดยบริษัท เยนเนอรัลอะตอมมิค (General Atomic Company) แห่งสหรัฐอเมริกา เป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่สามารถทำงานแบบคงที่ (Steady State) แบบเพิ่มกำลังเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) และแบบเพิ่มกำลังสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ (Pulsing) ปกติโดยทั่วไปเครื่องปฏิกรณ์ฯเครื่องนี้จะเดินเครื่องที่กำลัง 1000 กิโลวัตต์

3.2 อุปกรณ์การปฏิบัติการทดลองและอาบรังสีนิวตรอน

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ท่ออาบรังสีซึ่งเรียกว่า lower through tube เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ซึ่งนิวตรอนจากแกนเครื่องปฏิกรณ์ฯจะวิ่งตามช่องว่างภายในท่อ

3.3 แผ่นเพิ่มความเข้มนิวตรอน (neutron converter foil) ซึ่งได้รับมาจากบริษัท REACTOR EXPERIMENTS INC. ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ได้ใช้ในการทดลองมีดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผ่นเพิ่มความเข้มนิวตรอนที่ใช้ในการศึกษาทดลอง

วัตถุ	ความบริสุทธิ์ (%)	ขนาด (นิ้ว)	ความหนา (นิ้ว)
แกโดลิเนียม	99.946	2.5 x 4.0	0.001
แคดเมียม	99.9656	5.0 x 5.0	0.025
แคดเมียม	99.9656	2.0 x 2.0	0.050
อินเดียม	99.9973	2.5 x 3.25	0.010
ดิสโปรเซียม	99.9	2.0 x 2.0	0.001

3.4 แผ่นฟิล์มที่ใช้คือฟิล์มที่ใช้กับรังสีเอกซ์ ชนิด Kodak Industrex AA

3.5 คลับอลูมินัมป้องกันแสง (light-tight aluminum cassette) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับในการบรรจุฟิล์มและแผ่นเพิ่มความเข้มนิวตรอน เพื่อจะนำไปอาบนิวตรอน และมีขนาด 8 x 12 นิ้ว

3.6 สารตัวอย่างที่นำมาถ่ายภาพด้วยนิวตรอน คือ

3.6.1 ลูกปืนสั้นชนิดต่าง ๆ เช่น WW 38 SPECTIAL WW SUPER 357 MAGNUM SUPER VEL 357 MAG และ NORMA 357 MAGNUM

3.6.2 สารรังสีอิริเดียม-192 (Ir-192)

3.7 ขบวนการล้างฟิล์ม ซึ่งประกอบด้วย

3.7.1 ห้องมืด (Dark Room) เป็นห้องที่ใช้สำหรับในขบวนการล้างฟิล์มต้องมีขนาดที่เหมาะสมพอที่จะทำงานได้สะดวก และเพื่อจะให้สะดวกมากขึ้นคือสามารถมองเห็นได้พอสมควรจึงต้องใช้ไฟส่องสว่าง (safelighting) ซึ่งแสงที่แผ่ออกมาจะไม่ทำปฏิกิริยากับฟิล์ม

3.7.2 ถังสำหรับใช้กับฟิล์มซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่อง แต่ละช่องประกอบด้วย

3.7.2.1 น้ำยาสร้างภาพ (Developer solution) เนื่องจากใช้ของบริษัท Kodak แห่งประเทศไทย จึงมีน้ำยาสร้างภาพอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดเป็นของเหลว (Kodak Liquid X-ray Developer and Replenisher) และชนิดเป็นผง (Kodak Rapid X-ray Developer) และในการทดลองครั้งนี้ใช้แบบของเหลวซึ่งต้องนำมาผสมกับน้ำตามอัตราส่วนที่บอกไว้ในวิธีการใช้

ภาพถ่ายที่เกิดบนแผ่นฟิล์มจะมีค่าถูกต้องในเรื่องความเข้ม (film density) จะต้องมีการอาบรังสีที่เวลาแน่นอน และทำการล้างฟิล์มตามข้อกำหนดการล้างฟิล์ม แต่ในทำนองเดียวกันถ้ามีความจำเป็นต้องใช้เวลาในการอาบรังสีน้อยลงก็สามารถทำให้ฟิล์มมีค่าถูกต้องใกล้เคียงในเรื่องความเข้มได้โดยทำการล้างฟิล์มให้นานขึ้นจากชีดกำหนด การล้างฟิล์มต่าง ๆ ของฟิล์ม Kodak ดูได้จากตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงเวลา-อุณหภูมิในการล้างฟิล์มในน้ำยาสร้างภาพ

อุณหภูมิของน้ำยาสร้างภาพ	ชนิดของฟิล์มโกดัก (Kodak) AA, T, M, R (เคลือบสองด้าน), R (เคลือบด้านเดียว)	
	เวลาล้างตามปกติ (นาที)	เวลาล้างได้นานที่สุด (นาที)
60 °F (15.5 °C)	9	15
65 °F (18.5 °C)	6	10
68 °F (20 °C)	5	8
70 °F (21 °C)	4*	7
75 °F (24 °C)	3*	5

หมายเหตุ * การล้างฟิล์มโดยใช้เวลาน้อยกว่า 5 นาที จะทำให้ภาพที่ได้ไม่ค่อยดีถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยง

3.7.2.2 น้ำที่ใช้หยุดฟิล์มชั่วขณะ (Stop baths) หลังจากฟิล์มได้ถูกล้างในน้ำยาสร้างภาพ นำฟิล์มไปแช่ในน้ำนี้ประมาณ 30 ถึง 60 วินาที เพื่อให้ฟิล์มหยุดปฏิกิริยากับน้ำยาสร้างภาพซึ่งยังคงมีค้างอยู่ที่สารเคลือบแผ่นฟิล์ม ก่อนที่จะใส่ลงไปในน้ำยาคงสภาพ (Fixation)

3.7.2.3 น้ำยาคงสภาพ (Fixation) หลังจากล้างฟิล์มในน้ำยาสร้างภาพแล้วต้องหยุดในน้ำชั่วขณะจึงจุ่มลงไปในน้ำยาคงสภาพ น้ำยาคงสภาพจะดึงเอาเกลือเงินที่ไม่ได้ถูกรังสีให้หลุดออกไปส่วนที่ถูกรังสีก็ยังคงสภาพไว้ตามเดิม และยังทำให้แผ่นฟิล์มเกิดความแข็งเพื่อประโยชน์ในตอนที่นำแผ่นฟิล์มไปทำให้แห้งด้วยการอบความร้อนซึ่งจะไม่ทำให้ฟิล์มเกิดอาการงอ

การล้างฟิล์มในน้ำยาคงสภาพจะต้องยกขึ้นลงทุก ๆ 2 นาที ในช่วงเวลาที่อยู่ในน้ำยาคงสภาพ ทั้งนี้เพื่อให้น้ำยาคงสภาพทำปฏิกิริยากับสารเคลือบบนแผ่นฟิล์มได้เต็มที่ น้ำยาคงสภาพต้องมีอุณหภูมิเท่ากับน้ำยาสร้างภาพคืออยู่ระหว่าง 65° ฟ และ 70° ฟ และต้องไม่เกิน 75° ฟ เวลาในการล้างฟิล์มในน้ำยาคงสภาพดูในตารางที่ 3.3

น้ำยาคงสภาพของโกดัก มีอยู่ 2 ชนิดคือ แบบเป็นผง (Kodak X-ray Fixer) และแบบเป็นของเหลว (Kodak Rapid Fixer)

ตารางที่ 3.3 เวลาในการล้างฟิล์มในน้ำยาคงสภาพ

ฟิล์มโกดัก	เวลาในการทำให้ฟิล์มคงสภาพ ที่อุณหภูมิ 68° F (20° C)	
	น้ำยาแบบผง	น้ำยาแบบของเหลว
Industrex AA, T, M, R	5 นาที	3 นาที

3.7.2.4 การล้างน้ำ (Washing) หลังจากล้างฟิล์มในน้ำยาคงสภาพแล้ว ต้องนำฟิล์มจุ่มลงในน้ำเพื่อให้น้ำยาคงสภาพที่ติดมากับฟิล์มถูกชำระล้างออกไปอีกที ทั้งนี้เพื่อจะได้จุดสำคัญของภาพ น้ำที่ใช้ล้างฟิล์มนี้ต้องอยู่ในถังที่สามารถทำให้น้ำไหลวนเวียนทดแทนกันได้ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เวลาในการล้างฟิล์มในน้ำ ที่อุณหภูมิ 60 °F ถึง 70 °F

ฟิล์มโกดัก	อัตราการไหลของน้ำ	หลังจากล้างฟิล์มในน้ำยาคงสภาพ	
		น้ำยาคงสภาพแบบผง	น้ำยาคงสภาพแบบเหลว
Industrex AA,T,M R (Double coated) R (Single coated)	เปลี่ยน 4 ครั้ง ใน 1 ชั่วโมง	30 นาที	30 นาที

ประสิทธิภาพของการล้างจะลดอย่างรวดเร็วถ้าอุณหภูมิของน้ำลดลงมากถึง 60 °F (15.5 °C) ในทางตรงกันข้ามถ้าอากาศอบอ้าวจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำฟิล์มออกจากถังน้ำเร็วเท่าที่การล้างได้เสร็จสิ้น เพื่อป้องกันแผ่นฟิล์มอ่อนตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุณหภูมิที่มากกว่า 68 °F (20 °C) ขึ้นไป

3.7.2.5 การป้องกันไม่ให้เกิดจุดน้ำบนแผ่นฟิล์ม เมื่อฟิล์มได้ถูกนำออกมาจากถังล้างน้ำจะพบว่ามีหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่ที่แผ่นฟิล์ม ถ้านำฟิล์มไปทำให้แห้งอย่างเร็วพื้นที่ใต้หยดน้ำจะแห้งช้ากว่าพื้นที่ที่ไม่มีหยดน้ำ การแห้งไม่สม่ำเสมอเป็นสาเหตุให้ทำลายกาวที่ผสมอยู่ในเนื้อฟิล์ม ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มของภาพ (Film density) อย่างไรก็ตามหยดน้ำนี้สามารถป้องกันได้โดยนำฟิล์มที่ล้างจากน้ำแล้วจุ่มลงในน้ำยา Kodak Photo-Flo Solution เป็นเวลา 1 หรือ 2 นาที แล้วดึงขึ้นปล่อยทิ้งไว้อีก 1 หรือ 2 นาที เพื่อให้น้ำยานี้หลุดจากฟิล์ม จากนั้นนำเข้าไปในตู้อบแห้ง

3.8 เครื่องมือใช้วัดความเข้มที่เกิดขึ้นบนฟิล์ม เครื่องมือนี้มีประโยชน์มากเพราะสามารถทำให้ทราบว่าฟิล์มเมื่อโดนรังสีเป็นเวลานานเท่าไร จะทำให้เกิดความเข้ม (Film density)

บนแผ่นฟิล์มมีค่าเท่าไร เครื่องมือที่ใช้ประกอบในการทดลองนี้คือ Densitometer Model 07-424 ของ Nuclear Associates INC. ซึ่งจะอ่านค่าเป็นตัวเลข

3.9 เครื่องมัลติแชนแนล พัลส์ไฮท์ อะนาไลเซอร์ (Multichannel Pulse Height Analyzer) พร้อมทั้งหัววัด NaI (Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ซึ่งเครื่องมือนี้ใช้ในการวัดหาความเข้มของนิวตรอน (neutron flux)

3.10 แผ่นทองจำนวน 2 แผ่น มีขนาด 1 ตารางเซนติเมตร ซึ่งมีน้ำหนักดังนี้ 0.04188 กรัม และ 0.04231 กรัม เพื่อนำไปอาบนิวตรอน และจะได้นำไปเข้าเครื่องวัดหาความเข้มของนิวตรอนตรงตำแหน่งที่จะใช้ถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

3.11 เครื่องมือวัดนิวตรอน (Neutron Dose Rate Meter Z202D) ซึ่งสามารถวัดอัตราความแรงของนิวตรอนได้ถึง 10^4 มิลลิเร็มต่อชั่วโมง ($mrem/_{hr}$) ทั้งนี้เพื่อใช้วัดตรวจสอบความแรงของนิวตรอนรอบ ๆ อุปกรณ์หยุดลำนิวตรอน

3.12 เครื่องมือวัดรังสีแกมมา (Dose Rate Meter 6150) automess ซึ่งสามารถวัดอัตราความแรงของรังสีแกมมาได้ถึง 200 เรินท์เก้นต่อชั่วโมง นำไปวัดรังสีแกมมาตรงจุดที่ใช้ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนในขณะที่เดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่กำลัง 1000 กิโลวัตต์

3.13 เครื่องมือวัดรังสีแกมมา ยี่ห้อ LUDLUM, GEIGER COUNTER MODEL14-B ซึ่งมีไว้ใช้วัดหาอัตราความแรงของรังสีแกมมารอบ ๆ อุปกรณ์หยุดลำนิวตรอน (Beam Stop) และวัดหาความแรงของรังสีแกมมาที่เกิดขึ้นภายหลังการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนทุกครั้ง เครื่องมือนี้จะให้ค่าความถูกต้องได้อย่างดีในอัตราความแรงของรังสีไม่เกิน 2,000 มิลลิเรินท์เก้นต่อชั่วโมง

3.14 เครื่องมือที่เพิ่มเติมจากการออกแบบ

3.1.4.1 อุปกรณ์หยุดลำนิวตรอนและรังสีแกมมา (Beam Stop) ซึ่งประกอบด้วยทะกั่วและพาราฟิน

3.1.4.2 รางอลูมินัมรูปตัวยู เพื่อเป็นที่รองรับกลับอลูมินัมที่แสงผ่านไม่ได้ ให้วิ่งไปมาในรางนี้ได้สะดวกในขณะที่จะทำการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน