

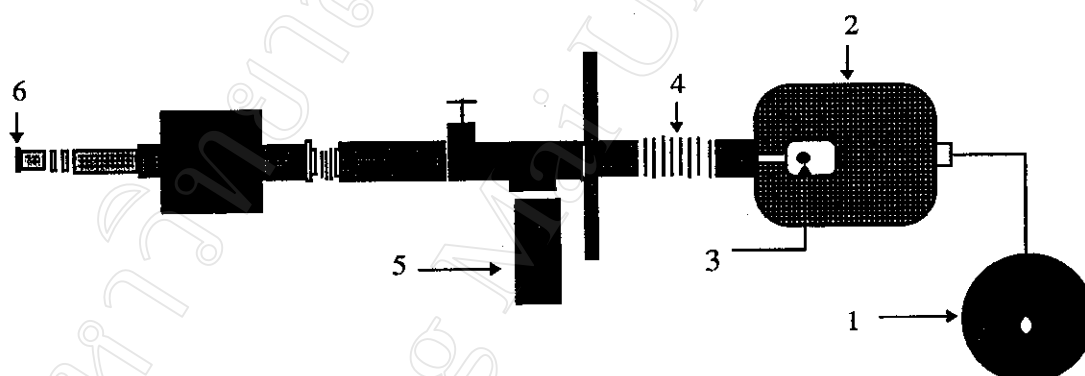
บทที่ 3

การทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 เครื่องกำเนิดรังสีนิวตรอน

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้เครื่องกำเนิดรังสีนิวตรอนรุ่น J-25 ขนาด 150 kV 1.5 mA ของบริษัท Assistance Industrielle Dauphinoise⁽ⁱ⁾ ซึ่งผลิตนิวตรอนโดยอาศัยปฏิกิริยา ${}^3_1\text{H}(\text{d},\text{n}){}^4_2\text{He}$ ให้นิวตรอนที่มีพลังงาน 14 MeV ออกมาจากการเร่งนิวเคลียสด้วยความต่างศักย์ 140 kV และกระแสประมาณ 600 μA ไปชนเป้าทริเทียม แผนภาพของเครื่องกำเนิดรังสีนิวตรอนได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1



1. High voltage power supply
2. J-25 - Accelerator
3. Ion-source deuterium
4. Accelerating tube
5. Vacuum pump
6. Tritium target

รูปที่ 3.1 เครื่องกำเนิดรังสีนิวตรอนรุ่น J-25 ขนาด 150 kV 1.5 mA

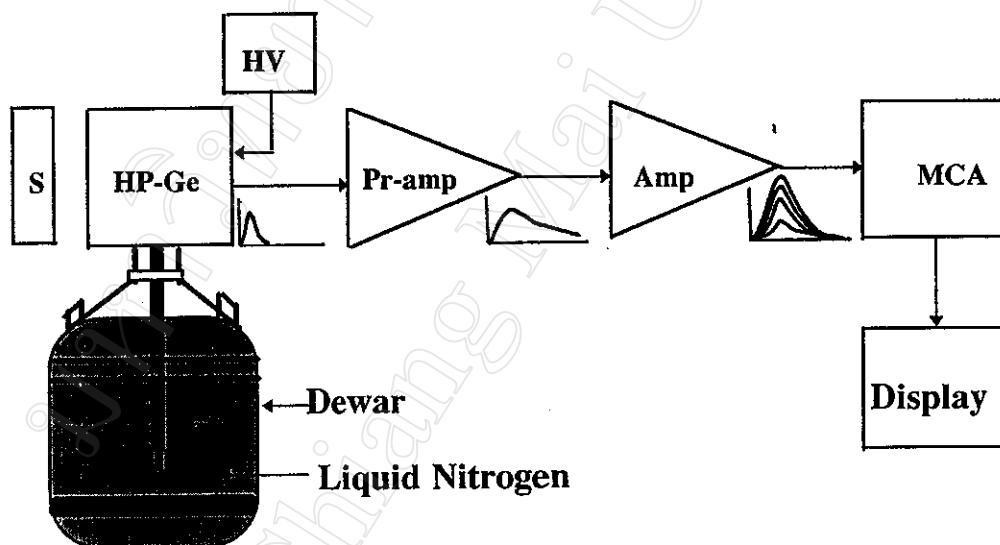
⁽ⁱ⁾ Grenoble 38240 Meylan France

3.1.2 สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน

สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน(gamma source) ที่ใช้เพื่อสอบเทียบพลังงาน (energy calibration) และหาประสิทธิภาพ (photopeak efficiency) ของระบบหัววัดสำหรับการศึกษานี้ ได้แก่ ^{22}Na ^{60}Co ^{133}Ba ^{137}Cs และ ^{241}Am ซึ่งได้มาจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency; IAEA) รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ ผ.ก.2

3.1.3 ระบบของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีแกมมา (Gamma-ray Spectroscopy)

รังสีแกมมาที่ได้จากสารกัมมันตรังสีมีหลายพลังงาน ดังนั้นต้องมีระบบการวัดรังสีที่สามารถแยกแยะระดับพลังงานต่างๆของรังสีแกมมาออกมาได้ซึ่งเรียกว่าระบบการวัดสเปกตรัมของรังสีแกมมา ซึ่งประกอบด้วยส่วนหลักๆอยู่ 6 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงระบบของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีแกมมา รายละเอียดเครื่องมือ
ดูจากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆในระบบของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีแกมมา (Coaxial Detector System, 1982)

อุปกรณ์	รายละเอียด
S	Sample holder
HP-Ge	High Purity Germanium(HP-Ge)Detector 70 cm ³ Model OTEC GEM 15200
HV	High voltage Power Supply Model 3105
Pre-amp	Pre-amplifier
AMP	Amplifier Model TC 244
MCA	Multichannel Analyser
DISPLAY	Micro computer รุ่น 386 -33 ใช้โปรแกรม APTEC

3.1.3.1 หัววัดรังสีแกมมา (Detector; HP-Ge)

หัววัดที่ใช้สำหรับการทดลองครั้งนี้ เป็นหัววัดสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ทำจาก germanium ที่มีความบริสุทธิ์สูง เรียกว่า high purity germanium (HP-Ge) spectrometer ขนาดปริมาตร 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร จัดวางไว้ในเครื่องกำบังรังสีที่ทำด้วยตะกั่วเพื่อป้องกันการถูกรบกวนของรังสีจากแหล่งภายนอกอื่นๆ เมื่อใช้งานต้องแช่อยู่ที่อุณหภูมิของไนโตรเจนเหลว (77°k) เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความร้อน (thermal noise) เนื่องจากหัววัดทำงานที่อุณหภูมิต่ำมาก ดังนั้นหัววัดแบบ (HP-Ge) จึงถูกบรรจุไว้ในระบบสุญญากาศ แล้วแช่ไว้ในถังที่บรรจุไนโตรเจนเหลว

รังสีแกมมาจากสารกัมมันตรังสีจะวิ่งเข้าชนหัววัดแล้วเกิดอันตรกิริยากันแบบใดแบบหนึ่ง คือ photoelectric absorption, compton scattering และ pair production หรืออาจเกิดได้ทั้งสามแบบพร้อมกันในหัววัดทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าที่ขาออกของภาคขยายส่วนหน้า(pre-amplifier) ต่อไป

3.1.3.2 แหล่งจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Power Supply; HV)

ทำหน้าที่ให้ศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงแก่หัววัด เพื่อสร้าง bias แก่ขั้วไฟฟ้า เพื่อให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าและเป็นตัวรักษาศักย์ไฟฟ้าทางขาออกให้คงที่ ณ จุดที่ตั้งไว้โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิแวดล้อม หรือการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นในสาย 220 Volts สำหรับหัววัดรังสีแบบสารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการทำทดลองครั้งนี้ใช้แหล่งจ่ายศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 3,000 Volts

3.1.3.3 ภาขยายส่วนหน้า (Pre-Amplifier; Pre-Amp)

ทำหน้าที่รวบรวมประจุไฟฟ้าที่เกิดจากหัววัดรังสี แล้วเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณ Pulse ซึ่งมีขนาดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนประจุ

3.1.3.4 ภาขยายหลัก (Amplifier; Amp)

ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากหัววัดรังสี หรือจากภาขยายสัญญาณส่วนหน้าให้สูงเพิ่มขึ้นได้ประมาณ 1,000 เท่า หรือ มากกว่านั้น ทำให้สัญญาณมีขนาดในช่วงแค่ 0 - 10 Volts และตกแต่งรูปสัญญาณเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ขนาดของสัญญาณที่ส่งมาจากหัววัดรังสี

3.1.3.5 เครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณ (Pulse Height Analyzer)

ในที่นี้เป็นเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง (multi channel analyzer; MCA) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บข้อมูลจำนวนรังสีแต่ละระดับพลังงานที่วิ่งเข้ามากระทบหัววัดได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อสัญญาณจากภาขยายเข้ามาที่ขาเข้า (Input) ของ analog to digital converter (ADC) ความสูงของสัญญาณที่ถูกจัดด้วยวงจรภายในจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณ digital และสัญญาณนี้จะถูกส่งไปยัง channel address register เพื่อเลือกกระบอกตำแหน่งช่อง (channel address) ในหน่วยความจำที่ตรงกับรหัส digital ที่ได้รับมา เพื่อให้ภาคนับบันทึกข้อมูล (data register) บวกจำนวนครั้งของสัญญาณที่มีรหัสตรงตำแหน่งช่วงใดๆ ครั้งละหนึ่งหน่วยนับ ถ้าภาคนับบันทึกข้อมูลถูกเลือกให้ทำงานแบบ Sub การทำงานจะเปลี่ยนไปเป็นการลบเอาจำนวนนับที่มีอยู่เดิมในตำแหน่งที่ตรงกับรหัสของสัญญาณออกหนึ่งครั้ง ข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำจะถูกส่งไปแสดงผลบนจอภาพตลอดเวลาที่เครื่องทำงานอยู่ เมื่อเครื่องหยุดทำงานข้อมูลจะถูกส่งออกไปแสดงผลบนเครื่องพิมพ์ หรืออุปกรณ์ ผ่านทางจุดต่อ I/o ในช่วงเวลาที่เครื่องทำงาน ตั้งแต่รับสัญญาณเปลี่ยนความสูงให้เป็นสัญญาณ digital จนกระทั่งเก็บข้อมูล ถ้ามีสัญญาณใหม่เข้ามาที่ขาเข้าในช่วงเวลานี้เครื่องจะไม่รับสัญญาณนั้นเครื่องจะยอมรับสัญญาณใหม่ก็ต่อเมื่อการบันทึกของสัญญาณก่อนหน้านี้เสร็จเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องจะถูกนำมาแสดงผลบนจอภาพ โดยที่แกนนอนจะแสดงตำแหน่งของหน่วยความจำที่ใช้กับข้อมูล และมีชื่อเรียกว่า

channel number ส่วนแกนนี้จะแทนข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งความจำนั้นๆ และมีชื่อเรียกว่า count rate

3.1.3.6 ส่วนแสดงผล (Display Unit)

ทำหน้าที่แสดงข้อมูลจำนวนนับแต่ละช่องหรือสเปกตรัมของรังสีออกทางเครื่องพิมพ์ (printer)

3.1.3.7 ส่วนประกอบอื่นๆของการทดลอง

สารตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ โพลินเบอร์(SAS001) มีมวล 2448.58 มิลลิกรัม โพลินเบอร์(SAS002) มีมวล 5692.64 มิลลิกรัม และแท็บทิมตีแดงเบอร์(RAS001) มีมวล 507.07 มิลลิกรัม โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นฟลักมอนิเตอร์ นอกนี้ยังใช้ polyethylene เป็น sample holder นาฬิกาจับเวลายี่ห้อ CASIO มีความละเอียดถึง 1/100 วินาที และ เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดสูงถึง 1/1.000 กรัม

3.2 การทดลอง

3.2.1 การสอบเทียบพลังงานของเครื่องวัดรังสีแกมมา

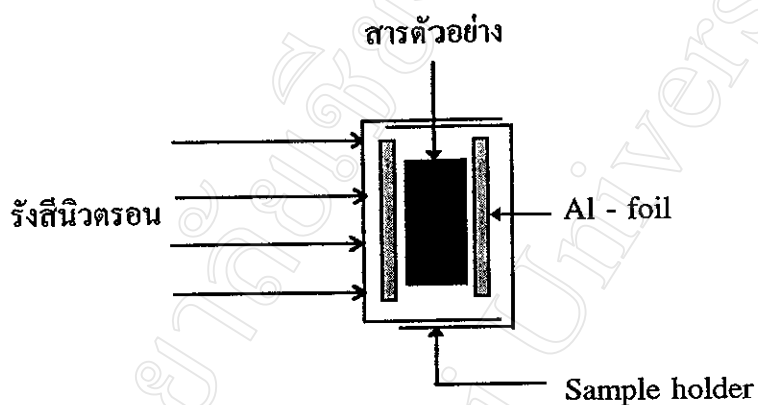
การสอบเทียบพลังงานของชุดเครื่องมือตรวจวัดสเปกตรัมของรังสีแกมมาสำหรับการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้สารกัมมันตรังสีมาตรฐานในหัวข้อที่ 3.1.2 เพื่อวัดหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานรังสีแกมมา (E_γ) กับ photo peak position (channel) ผลที่ได้จากการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ ผ.ก.1 จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไปเขียนกราฟ ได้เส้นกราฟของความสัมพันธ์ ดังแสดงไว้ในกราฟที่ ผ.ก.1

3.2.2 การหาค่าประสิทธิภาพ(photo peak efficiency) ของระบบหัววัดสเปกตรัม รังสีแกมมา

การหาค่าประสิทธิภาพของระบบหัววัดแบบ(HP-Ge) spectrometer ได้ใช้สารกัมมันตรังสีมาตรฐานในหัวข้อที่ 3.1.2 นำไปวัดหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตรานับ(count rate) กับเวลาที่วัด(counting time) แล้วนำไปคำนวณหา photo peak efficiency(ϵ) ของระบบหัววัดรายละเอียดขั้นตอนการวัดและวิธีการคำนวณได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ ผ.ก.2 และผลที่ได้จากการคำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ ผ.ก.3 จากนั้นเมื่อนำข้อมูลในตารางที่ ผ.ก.3 ไปเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน(E_γ)ของรังสีแกมมามาตรฐานกับ photo peak efficiency (ϵ) จะได้เส้นกราฟดังแสดงในรูปที่ ผ.ก.2

3.2.3 การอบรังสีนิวตรอน

บรรจุสารตัวอย่าง (แท็บทิม หรือไฟลีน) ลงใน sample holder ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.3 แล้วนำไปอบรังสีนิวตรอนพลังงาน 14 MeV ภายในเวลา 5 นาที สำหรับแท็บทิมและ 15 นาที สำหรับไฟลีนโดยควบคุมให้เครื่องกำเนิดรังสีนิวตรอน (generator) ทำงานโดยมีกระแสประมาณ 600 μA และ high voltage 140 kV



รูปที่ 3.3 แสดงวิธีการอบสารตัวอย่างและ ฟลักซ์ มอนิเตอร์ด้วยรังสีนิวตรอนพลังงานสูง (14 MeV)

3.2.4 การหา ขอบเขต(Detection Limit) การตรวจวัดธาตุเหล็กและโครเมียมโดยวิธี

แบบFNAA

ใช้สาร Cr_2O_3 และ Fe_2O_3 มีลักษณะเป็นผง บรรจุลงในถุงพลาสติกด้วยปริมาณที่ต่างกัน เอาไปชั่งด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 1/1.000 กรัม แล้วนำไปอบรังสีนิวตรอนพลังงาน 14 MeV ภายในเวลา 5 นาที สำหรับ Cr_2O_3 และ 15 นาที สำหรับ Fe_2O_3 จากนั้นก็เอาไปตรวจวัดหาปริมาณกัมมันตรังสีที่สลายตัวออกมา รายละเอียดขั้นตอนของการหาได้เสนอไว้ในหัวข้อที่ ผ.ก.3

3.2.5 การวัดกัมมันตรังสีแกมมา

นำสารตัวอย่าง (แท็บทิมหรือไพลิน) ที่อบรังสีนิวตรอนแล้ว มาตรวจวัดปริมาณรังสีแกมมา ด้วยระบบเครื่องวัดรังสี แบบ (HP-Ge) spectrometer ตามหัวข้อที่ 3.1.3 ในที่นี้ ได้ทำการตรวจวัดปริมาณรังสีแกมมาที่สลายตัวออกมาจากแท็บทิม และไพลิน และวัดฟลักซ์มอนิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง โดยวางแท็บทิม ไพลิน และฟลักซ์มอนิเตอร์ไว้ที่ระยะติดกับหัววัด ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจวัดดังนี้

วัดแท็บทิมเบอร์ (RAS001) 4 ครั้งอย่างต่อเนื่อง ใช้เวลาในการวัดแต่ละครั้งนาน $t_c=3.33$ นาที โดยเริ่มวัดครั้งแรกหลังหยุดอบรังสีนิวตรอนเป็นเวลานาน $t_d=1.67$ นาที จากนั้นวัดปริมาณรังสีจากฟลักซ์มอนิเตอร์หนึ่งครั้งใช้เวลาวัดนาน $t_c=30$ นาทีโดยเริ่มวัดหลังหยุดอบรังสีนิวตรอนเป็นเวลานาน $t_d=895.8$ นาที ในทำนองเดียวกันวัดไพลินเบอร์ (SAS001) 5 ครั้งอย่างต่อเนื่อง ใช้เวลาการวัดในแต่ละครั้งนาน $t_c=30$ นาทีโดยเริ่มวัดครั้งแรกหลังจากหยุดอบรังสีนิวตรอนเป็นเวลานาน $t_d=248.1$ นาที จากนั้นวัดปริมาณรังสีจากฟลักซ์มอนิเตอร์หนึ่งครั้ง ใช้เวลาวัดนาน $t_c=30$ นาที โดยเริ่มวัดหลังจากหยุดอบรังสีนิวตรอนเป็นเวลานาน $t_d=829.8$ นาที และวัดไพลินเบอร์ (SAS002) 7 ครั้งอย่างต่อเนื่อง ใช้เวลาในการวัดแต่ละครั้งนาน $t_c=30$ นาที โดยเริ่มวัดครั้งแรกหลังจากหยุดอบรังสีนิวตรอนเป็นเวลานาน $t_d=351.24$ นาที หลังจากนั้นวัดปริมาณรังสีแกมมาจากฟลักซ์มอนิเตอร์ หนึ่งครั้งใช้เวลาวัดนาน $t_c=30$ นาที โดยเริ่มวัด หลังหยุดอบรังสีนิวตรอนนาน $t_d=881.82$ นาที