บทที่ 3

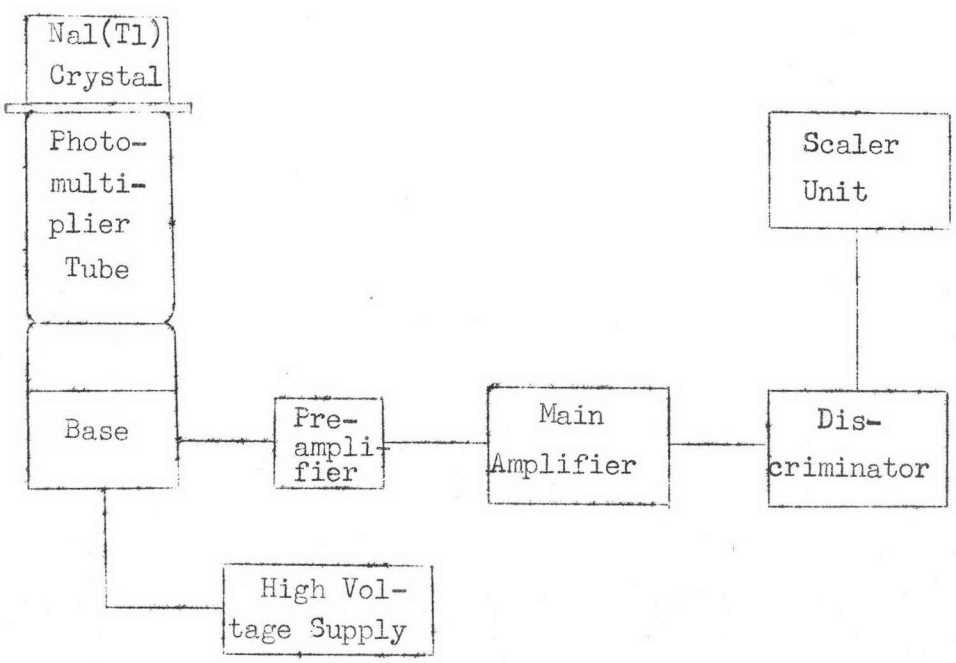
เครื่องวัดรังสีแกมมา

3.1 ซินทิลเลชั่น เคาน์เตอร์ (Scintillation Counter)

ส่วนประกอบของเครื่องวัดรังสี ซินทิลเลชั่น เคาน์เตอร์ ซึ่งใช้วัดรังสีแกมมา แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

ก. Detector Unit ประกอบด้วยผลึก NaI (Tl) กับหลอดขยายสัญญาณ (Photomultiplier Tube)

ข. Processing Unit ประกอบด้วยวงจรของส่วนขยายสัญญาณ(Amplifier) ส่วนเลือกความสูงของสัญญาณ(Discriminator) และส่วนนับสัญญาณ (Scaler Unit) แผนผัง(Block Diagram) ของซินทิลเลชั่น เคาน์เตอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แสดงแผนผังของซินทิลเลชั่น เคาน์เตอร์

เมื่อรังสีแกมม่าผ่านผลึก NaI(Tl) คือ ผลึก NaI มีแธลเลี่ยม ผสมอยู่เล็กน้อย(ประมาณ 1%) จะเกิดปฏิกริยาได้ 3 แบบ คือ

ก. แบบโฟโตอิเลคตริค(Photoelectric Effect)

ข. แบบคอมป์ตัน (Compton Effect)

ค. แบบอิเลคตรอนคู่ (Pair Production)

ไม่ว่าจะเกิดปฏิกริยาแบบไหนก็ตาม ผลจะเกิดอิเลคตรอนขึ้นทั้งนั้น อิเลคตรอนที่เกิดขึ้นจะไปกระตุ้น(Excite)อะตอมของ NaI(Tl)ตามทางที่ผ่านไป อะตอมต่าง ๆ เหล่านี้จะคายพลังงานออกมาในรูปของโฟตอน(Photon) เพื่อกลับมาอยู่ในระดับ Ground State เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า De - excitation Process หรืออิเลคตรอนที่เกิดขึ้นอาจจะไปทำให้อะตอมของ NaI(Tl) เกิดแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้า (Ionize) อิเลคตรอนที่วนอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส ของ NaI (Tl) จะหลุดไปมีที่ว่าง สวนที่เหลือจะจับอิเลคตรอนตัวใหม่เข้ามา แทนที่เกิด การส่งผ่านประจุ(Charge Transfer) ทำให้เกิดการลดพลังงานศักย์ (Potential Energy) พลังงานจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของโฟตอนเช่นกัน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Deionization Process พลังงานในรูปของ โฟตอน จาก 2 ปรากฏการณ์นี้จะถูกส่งผ่านไปยัง แธลเลี่ยม ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดแสง จะทำให้อะตอมของ แธลเลี่ยม ได้รับการกระตุ้นแล้วคายพลังงานออกมาในรูปของแสงสีน้ำเงินที่มองเห็นได้ (Visible Blue Photons)ซึ่งแสงเหล่านี้จะไปกระทบแผ่นโฟโตแคโธด ซึ่งอยู่ระหว่างผลึก NaI (Tl) กับ หลอดขยายสัญญาณ(Photomultiplier Tube) โฟโตแคโธด ทำด้วยโลหะผสม ระหว่างแคดเมี่ยม กับ แอนติโมนี่ มีเวิค ฟังชั่น(Work Function)ต่ำ เมื่อแสงไปกระทบมันจะให้อิเลคตรอนออกมาเป็นปริมาณโดยตรงกับความเข้มของแสง อิเลคตรอนเหล่านี้จะถูกขยายภายในหลอดขยายสัญญาณ โดยมันเคลื่อนที่จากไดโนด(Dynode) หนึ่งไปยังอีกไดโนดหนึ่ง ซึ่งมีความต่างศักย์สูงกว่าอันแรก ความต่างศักย์ที่ใช้กับหลอดขยายสัญญาณ ได้มาจากไฟฟ้าศักย์สูง (High Voltage Supply) ผลที่สุด

002219

อิเลคตรอนทั้งหมดจะเคลื่อนที่ไปที่แอโนด (Anode) ซึ่งเป็นขั้วสะสม แล้วผ่านความต้านทาน จะได้สัญญาณซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพลังงานที่ดูดกลืนภายในผลึก NaI (Tl) ออกมาทางเอาท์พุท (Out Put) แล้วเข้าวงจรของส่วนขยายสัญญาณต่อไป

วงจรของส่วนขยายสัญญาณมี 2 ระบบ คือ Pre-amplifier กับ Main Amplifier Pre-amplifier เป็นระบบที่ขยายสัญญาณจากหลอดขยายสัญญาณก่อนที่จะผ่านไปให้ Main Amplifier คุณสมบัติของ Pre-amplifier คือ มีสิ่งรบกวน(Noise) ต่ำมากและมีกำลังขยาย (Gain) ไม่สูงนัก(ประมาณ1–5) หน้าที่อีกอันหนึ่งของ Pre-amplifier คือ ทำหน้าที่เป็น Matching หรือBuffer State เพื่อปรับคุณลักษณะทางวงจรไฟฟ้าของหัววัดรังสีให้เข้ากับ Main Amplifier ส่วน Main Amplifier นั้น เป็นระบบที่ขยายสัญญาณให้ได้ขนาดพอเหมาะที่จะทำให้ส่วนนับสัญญาณทำงานได้ คุณลักษณะของ Main Amplifier อยู่ที่กำลังขยายสูงและมีความคงที่แน่นอนของกำลังขยายที่มีต่อขนาดของสัญญาณที่จะทำการขยาย (Linearity) สูง

สัญญาณเมื่อผ่าน Main Amplifier จะเข้าสู่ส่วนเลือกความสูงของสัญญาณ ซึ่งเป็นวงจรทางไฟฟ้าที่สกัดกั้นมิให้สัญญาณที่ต่ำกว่าระดับอันหนึ่งผ่านเข้าไปในส่วนนับสัญญาณ มีประโยชน์อย่างมากในการกำจัดสิ่งรบกวนออกไปจากสัญญาณ ที่ต้องการนับ หรือกำจัดสัญญาณที่ต่ำกว่าที่ต้องการนับออกไป

3.2 Sum Effect

หัววัดรังสี NaI (Tl) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นแบบมีหลุม (Well-type) เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวน ในการวัดรังสีจากตัวอย่างดินและใบยาสูบ ที่อาบรังสีนิวตรอนแล้ว จะปรากฏว่า บรรดาธาตุที่มีครึ่งชีวิตยาว เช่น

84 d. Sc - 46 (E_γ = 1.119, 0.887 MeV)

45 d. Fe - 59 (E_γ = 1.10, 1.29 MeV)

245 d. Zn - 65 (E_γ = 1.119 MeV)

จะแผ่พลังงานอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.35 MeV รวมทั้ง Co-60 ด้วยและเนื่องจากโคบอลต์มีปริมาณอยู่น้อยกว่าธาตุอื่น ๆ มาก รังสีของ Co-60 จึงถูกรังสีจากธาตุ Sc - 46 Fe - 59 และ Zn - 65 บังจนสังเกตไม่ได้

เนื่องจากลักษณะพิเศษของ Co-60 ที่ว่าแผ่รังสีแกมมาพร้อมกัน 2 ตัว มีพลังงาน 1.17 และ 1.33 MeV เมื่อใช้หัววัดรังสีแบบมีหลุม หัววัดรังสีจะได้รับรังสีแกมมาที่มีพลังงานค่อนข้างสูงจากการโคอินซิเดนซ์ของรังสีแกมมา 2 ตัว คือ มีพลังงานเท่ากับ 2 ตัวรวมกัน คือ 2.50 MeV จึงปรากฏว่า ในสเปคตรัมมีรังสีของ Co-60 อยู่โดดเดี่ยวในย่าน 2.50 MeV ปราศจากการรบกวนใด ๆ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Sum Effect

ถ้าไม่วัดในหลุมจะเกิดปรากฏการณ์นี้ได้ยาก เพราะรังสีแกมมา 2 ตัว อาจจะวิ่งไปสู่หัววัดรังสีเพียงตัวเดียวและวิ่งไปทางอื่นอีกตัวหนึ่ง การมีหลุมทำให้เกิดผลว่า รังสีแกมมา 2 ตัว วิ่งไปทางใดก็เข้าหัววัดรังสี ฉะนั้นจึงสามารถดักวัด Co-60 ได้ที่บริเวณ peak energy 2.50 MeV ในสเปคตรัม โดยไม่มีการรบกวนของรังสีจากธาตุ Sc - 46 Fe - 59 และ Zn - 65