บทที่ ๖

เครื่องมือที่ใช้วัดรังสีบีตาในห้องปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดรังสีบีตาในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไปนิยมออกแบบให้มีความไวมาก สามารถวัดกัมมันตรังสีน้อย ๆ ขนาดเป็น $\mu\mu c$ ได้

ส่วนประกอบของเครื่องมือแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ สองส่วน คือ

1. พวกตัวกลางที่ใช้วัด (Detection Media) แบ่งออกเป็น 3 พวก คือ แก๊ส ของแข็ง และของเหลว การตรวจรังสีในตัวกลางต่าง ๆ เหล่านี้ อาศัยหลักสมบัติของรังสีที่ทำให้เกิด Ionization หรือ Excitation

ก. แก๊ส แก๊สที่นิยมใช้ได้แก่ อาร์กอน ซีนอน และ มีเธน ใน Chamber อาจบรรจุด้วยแก๊สชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว หรือแก๊สผสมก็ได้ และภายใน Chamber มีอิเลคโตรดสองอันซึ่งมีความต่างศักดาไฟฟ้าสูงอยู่ด้วย เมื่อมีรังสีวิ่งผ่านจะทำให้เกิดอิออนขึ้น อิออนที่เกิดขึ้นนั้นจะวิ่งไปยังอิเลคโตรดที่มีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้าม อัตราการไหลของอิออน สามารถวัดได้โดยใช้วงจรอิเลคทรอนิค

ข. ของเหลวหรือของแข็ง รังสีที่เข้าไปใน Chamber ซึ่งบรรจุของแข็งหรือของเหลวไว้ จะทำให้เกิด Ionization หรือ Excitation ขึ้น และต่อจากนี้จะเกิดปรากฏการณ์ที่อิออนรวมตัวกันอย่างเดิม (De-Ionization) หรืออิเลคตรอนที่ถูก Excite กลับสู่ State เดิม (De-Excitation) ซึ่งในการนี้จะต้องคายพลังงานออกมาเป็นรูปของโฟตอน Photomultiplier Tube ก็จะทำหน้าที่แปลงพลังงานโฟตอนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วป้อนเข้าวงจรอิเลคทรอนิคต่อไป

2. วงจรอิเลคทรอนิคที่เกี่ยวข้อง (Electronic Circuitry) ประกอบด้วย

ก. Pre-Amplifier เป็นส่วนที่ขยาย Pulse ที่รับมาแล้วส่งต่อไป

ให้วงจรอิเลคทรอนิคอันต่อไป

ข. Discriminator เป็นส่วนที่คัดเฉพาะ Pulse ที่มีขนาดตามต้องการที่จะวัด

ค. Scaler เครื่องนับจำนวน Pulse ที่เข้ามา อาจจะใช้สเกลสอง (Binary Scaler) หรือ สเกลสิบ (Decade Scaler)

ง. Register ใช้ร่วมกับ Scaling Circuits เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับบันทึกจำนวน Pulse ทั้งหมดที่ออกมาจาก State สุดท้ายของ Scaler

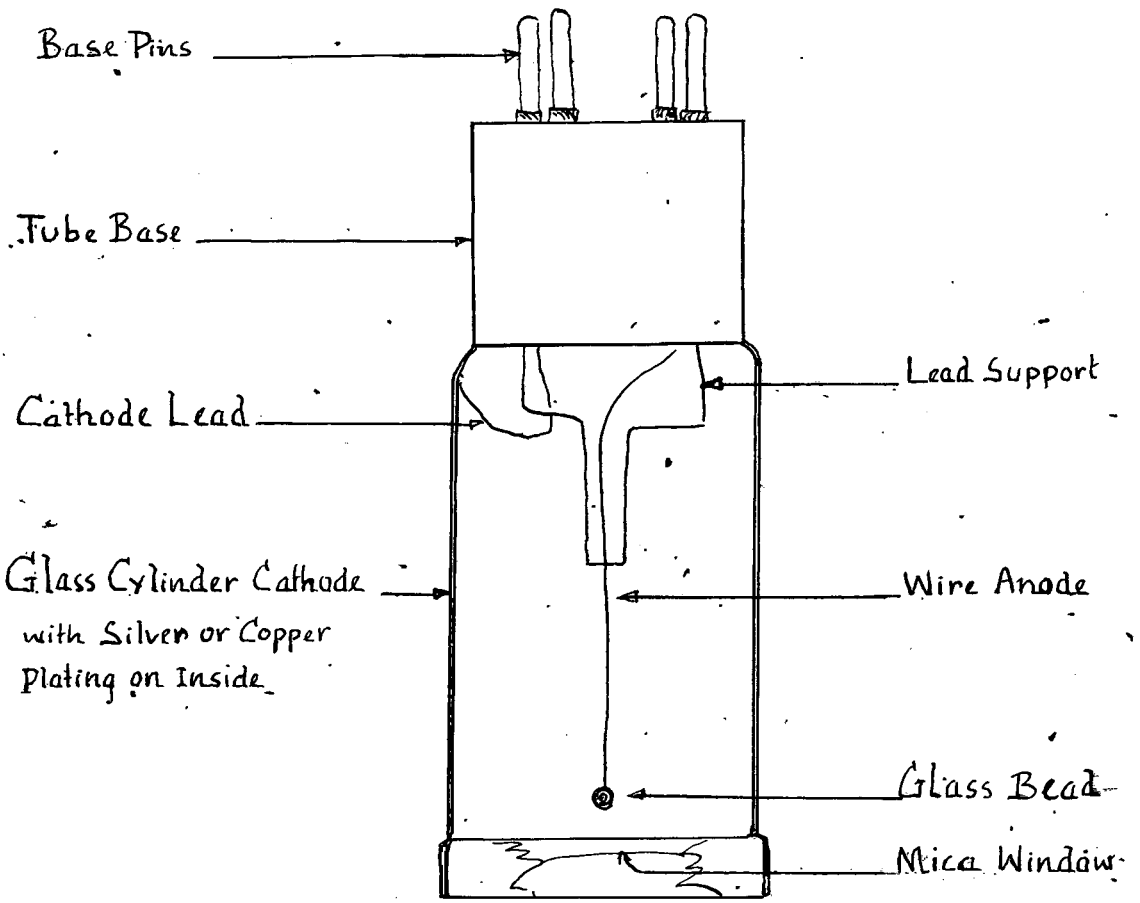
จ. Timer เป็นเครื่องจับเวลาที่ใช้ในการวัด

End-Window Geiger-Mueller Counter

เครื่องมือแบบนี้ ออกแบบสร้างเพื่อใช้วัดรังสีบีตาโดยเฉพาะ คือ มีประสิทธิภาพในการวัดรังสีบีตาสูง แต่ถ้าจะนำไปใช้วัดรังสีแอลฟ่าหรือแกมม่าก็วัดได้แต่มีประสิทธิภาพต่ำ เพราะแอลฟ่าไม่สามารถผ่านทะลุหน้าต่างเข้าไปได้ ถ้ามีพลังงานสูงก็ผ่านได้บ้างแต่น้อย ส่วนรังสีแกมม่าผ่านได้มากแต่ทำให้เกิด Ionization ได้น้อย

ลักษณะของเครื่องมือ

เครื่องวัดรังสี แบบ End-Window Geiger Mueller Counter : มีลักษณะเป็นหลอดแก้วรูปทรงกระบอก ภายในบรรจุแก๊ส หลอดยาวประมาณ $2\frac{1}{2}$ นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางหลอดมีขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ฐานหลอดทำด้วยปลาสติค และมีขาหลอดติดอยู่ 4 ขา ดังรูป 8 ส่วนที่ปลายหลอดอีกด้านหนึ่ง ตรงขอบทำด้วยปลาสติค ส่วนตรงกลางเป็นช่องหน้าต่าง ทำด้วยไมคา (Mica) หนา 1 ถึง 3 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ภายในบรรจุด้วยฮีเลี่ยม หรือ อาร์กอน และ Quenching Gas เช่นไอของแอลกอฮอล์ ตรงแกนกลางหลอดเป็น อิเลคโตรดบวก (Anode) ซึ่งทำด้วยลวดเส้นเล็ก ๆ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.01 นิ้ว



ภาพ END-WINDOW GEIGER-MULLER COUNTER TUBE

อิเลคโตรดอันนอก (cathode) เป็นผนังของหลอดแก้วซึ่งชั้นในเคลือบด้วยทองแดงหรือเงิน

การทำงานของเครื่องมือ

หลอด End-Window G-M แต่ละหลอดมี Characteristic Curve ประจำตัวของมัน Curve นี้หาได้โดยเอา Source วางไว้หน้า Window แล้วค่อย ๆ เพิ่ม Voltage ที่ใช้ทีละ 25 ถึง 50 โวลต์ ณ ที่แต่ละ Voltage ก็มี Count Rate ของมันแต่ละค่า นำ Count Rate และ Voltage ไปเขียน Curve Curve ที่ได้จะเป็น Characteristic Curve ของหลอด โดยปรกติแล้วจะมีส่วนหนึ่งของ Curve ที่เรียกว่า Plateau ของมัน Curve ส่วนที่เป็น Plateau นั้น การเปลี่ยนแปลงของ Voltage จะทำให้ Count Rate เปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้นหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย Operating Voltage ของหลอดโดยปรกติจะเลือกเอาที่ระยะ $\frac{1}{3}$ ของ Plateau นับจากจุด Threshold Voltage ไปทาง Breakdown Voltage ดังรูป 9 หน้า 57

ประสิทธิภาพของการนับ

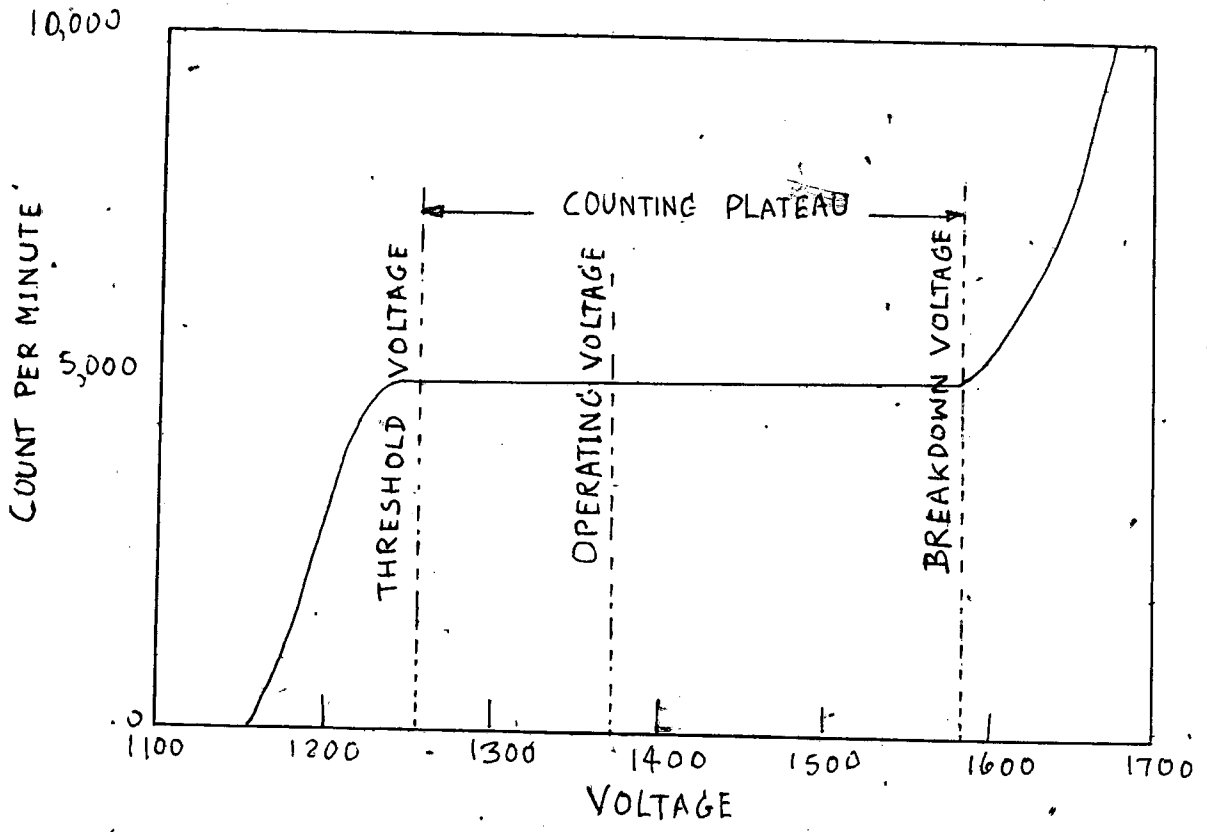
การนับที่สมบูรณ์แบบ

การนับที่สมบูรณ์แบบ ต้องคำนวณ Counting Rate ในเทอมของ Disintegration Rate อัตราส่วนของ Counting Rate ต่อ Disintegration Rate เรียกว่า ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของเครื่องมือการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือมี 2 วิธีคือ

1. โดยการวัดแฟคเตอร์แต่ละตัว (Geometry Absorption Factor)
2. โดยการเปรียบเทียบกับ Standard Source ที่เป็นสารกัมมันตภาพรังสี

1 การวัดแฟคเตอร์แต่ละตัว

การวัดประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยวิธีนี้ จะได้



รูป CHARACTERISTIC CURVE OF TYPICAL G-M TUBE

Efficiency = (Geometry Factor) x (Scatter Factor) x (Absorption Factor)

แฟคเตอร์แต่ละตัวเหล่านี้มีรายละเอียดดังนี้

Geometry Factor แฟคเตอร์อันแรกที่มีผลเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของเครื่องมือก็คือตำแหน่งของสารที่จะนับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ Sensitive Volume ของเครื่องวัด เปอร์เซนต์ของมุมตันที่ Sensitive Volume รองรับอยู่ เรียกว่า Geometry ในกรณีของ End-Window G.M. Counter ระยะระหว่างสารที่จะนับและผิวหน้าต่างมีความสำคัญมาก ถ้าระยะนี้เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ประสิทธิภาพของ Geometry ลดน้อยลง Geometry ของเครื่องวัดแบบ End-Window ปรกติมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 30 %

ค่า Geometry ของเครื่องวัดแบบ End-Window เมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสีเป็นจุด สามารถคำนวณได้จากสูตร[๑๔]

$$G = 0.5\ (1 - \cos\alpha)$$

G = Geometry Factor

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{\gamma}{d}$$

ในเมื่อ γ = รัศมีของช่องหน้าต่าง

d = ระยะระหว่างหน้าต่างกับต้นกำเนิดรังสี

Scattering ผลของ Scattering ที่สำคัญที่สุดซึ่งเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพได้แก่ Back Scattering คือ รังสีสะท้อนที่วัตถุที่ใช้รองรับ Sample ทำให้รังสีนั้นกระจายไปไม่อยู่ในบริเวณของ Sensitive Volume ความหมายของ Back Scattering ก็คือ อัตราส่วนระหว่าง จำนวน Count ที่นับได้จากการเอา Sample วางบนสารที่กำหนดให้ ต่อ จำนวน Count ที่นับได้ เมื่อ

---

๑๔ William, J. Price, Nuclear Radiation Detection, (New York Toronto London, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1958), หน้า ๑๒๙

วาง Sample นั้นไว้ในอากาศ, ผลของ Scattering อันนี้เป็นฟังค์ชั่นของตัวแปรค่า 3 ตัว คือ ความหนาของสิ่งที่รองรับ พลังงานของรังสีและชนิดของสารที่ใช้ ถ้ารังสีมีพลังงานสูง จะมี Scattering เกิดขึ้นมาก นอกจากนี้ ถ้า Atomic Number ของสารที่ใช้วาง Sample ยิ่งมาก Back Scattering Factor ก็ยิ่งมีค่ามากด้วย Back Back Scattering ของสารบางอย่างมีค่าสูง เช่นของเงินและของแพลตินัมมีค่าถึง 1.6 นอกจาก Back Scattering แล้ว ยังมี Scattering ที่เกิดจากที่สำหรับยึด Source และผนังของตะกั่วที่ใช้ทำ Shielding และผนังของ Chamber แต่ผลพวกนี้มีน้อยมาก เมื่อเทียบกับ Back Scattering ที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ยังมีค่าคงที่สำหรับ Sample ซึ่งวางไว้ในตำแหน่งเดียวกัน การหา Back Scattering Factor ก็คือ ใช้วิธีหา Count Rate ที่ได้จากการวาง Sample ไว้บนที่ที่รองรับซึ่งเบามาก เช่น วางบน Plastic Film บาง ๆ แล้วเอา Sample อันเดียวกันนี้ไปวางบนสารที่ต้องการหา Back Scattering ณ ตำแหน่งเดียวกัน หา Count Rate เช่นเดียวกัน อัตราส่วนของ Count Rate ของกรณีหลังต่อกรณีแรก ก็คือ Back Scattering Factor

<u>Absorption</u> ผลของ Absorption ที่สำคัญมี 2 กรณี คือ

1. Absorption ที่เกิดจาก Source เอง (Self-Absorption)
2. Absorption ที่เกิดจากอากาศและหน้าต่างของเครื่องวัด

Self-Absorption มีความสำคัญเฉพาะกรณีของสารที่ส่ง แอลฟ่าออกมา เพราะว่า แอลฟ่ามีกำลังทะลุทะลวงน้อยมาก ดังนั้น สารเพียงบาง ๆ ก็สามารถจะดูดกลืน แอลฟ่า ได้หมด ส่วนในกรณีที่ให้ บีตา ก็มีความสำคัญน้อย นอกจากบางตัว เช่น คาร์บอน ให้บีตาซึ่งมีพลังงานต่ำ Self-Absorption ก็มีความสำคัญเหมือนกัน สำหรับ ฟอสฟอรัส $^{32}_{32}$ ให้ บีตา ซึ่งมีพลังงานสูง Self-Absorption จะไม่มีผลเลยนอกจากใช้ความหนามาก ๆ คือ 20 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรขึ้นไป

สำหรับ Absorption ที่เกิดจากอากาศ และหน้าต่างของเครื่องวัดนั้น จะต้องหาความหนาของอากาศและของหน้าต่าง ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของอากาศ และของของหน้าต่าง มีดังนี้คือ

(1.18) X (ความหนาของอากาศ) = ความหนาของหน้าต่าง (วัดเป็น มก./ซม.^{2})

จากนี้ เราสามารถที่จะแปลงความหนาของอากาศให้เป็นความหนาของหน้าต่างได้

ในการหาค่า Absorption Factor (คือ อัตราส่วนของ Count Rate ซึ่งมี Absorption ต่อ Count Rate ซึ่งไม่มี Absorption) หาได้โดยการเอา Sample ที่เป็นสารกัมมันตภาพรังสี ซึ่งทราบ Activity มาวางไว้ แล้วเอา Absorbing Material ที่มีความหนาต่าง ๆ กันมากั้นรังสี จด Count Rate ที่ความหนาแต่ละค่าไว้ เขียนกราฟระหว่าง Count Rate กับความหนา จากกราฟก็สามารถหา Count Rate ที่ Zero Thickness ได้

2. <u>การเปรียบเทียบกับ Standard Source</u>

การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิธีนี้ เป็นวิธีที่ง่าย จะได้

$$\text{Counting Efficiency} = \frac{\text{Observed Counting Rate}}{\text{Disintegration Rate}}$$

Disintegration Rate เราทราบค่าจาก Source มาตรฐาน โดยวิธีนี้ก็สามารถหาประสิทธิภาพ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งได้ แล้วเอา Sample ที่ต้องการนับวางไว้ ณ ตำแหน่งเดียวกันนั้นและวางลักษณะเดียวกัน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสดวกรวดเร็ว

---

๑๕ เรื่องเดียวกัน หน้า ๑๓๓