

วัตถุประสงค์

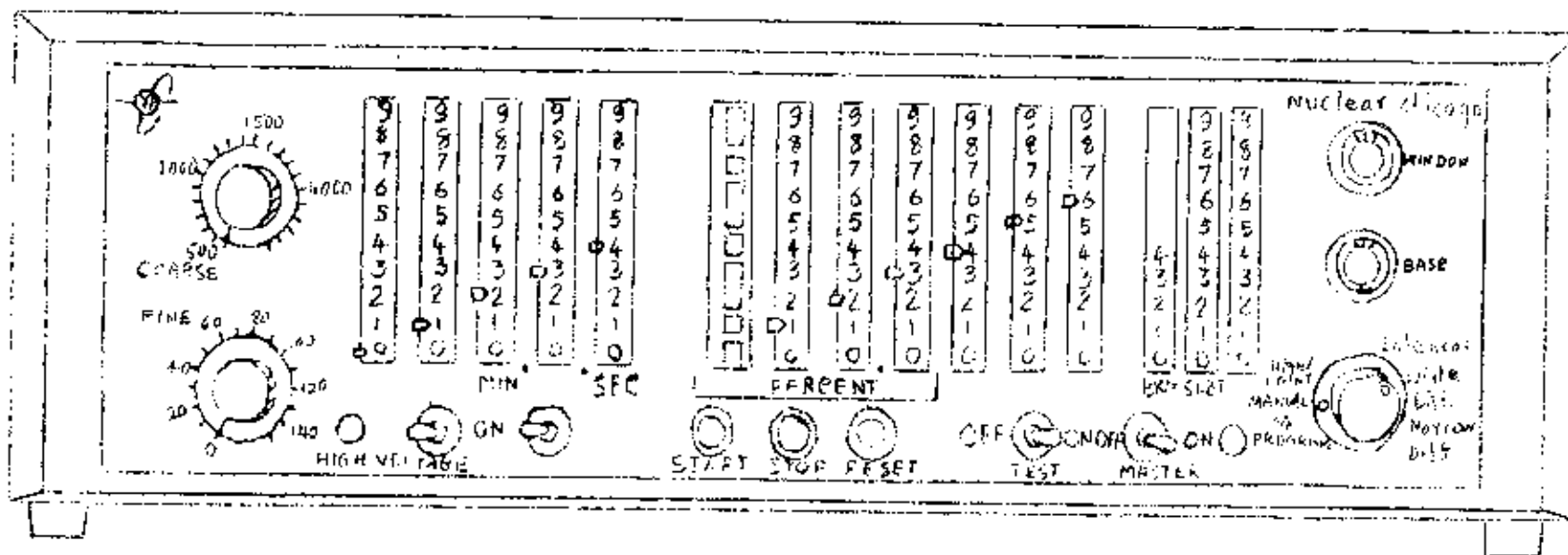
เครื่องวัด Scintillation Spectrometer


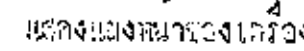
Scintillation Spectrometer ที่ประกอบด้วย Nuclear-Chicago Model 8725 Analyzer / Scaler และ Model 965 Scintillation Well Detector (รูปที่ ๑)

Analyzer เป็น single channel ประกอบด้วย linear amplifier และ pulse height analyzer สามารถทำงานได้ทั้งแบบ integral และ differential การทำงานแบบ differential มีเลือกไว้สองอย่าง คือ แบบหน้าต่างกว้าง (wide window) ซึ่งความกว้างของหน้าต่าง (window width) เปลี่ยนไปได้ถึง ๑๐๐ เปอร์เซ็นต์ ของสเกลพลังงานที่ตั้งไว้ และแบบหน้าต่างแคบ (narrow window) ซึ่งความกว้างของหน้าต่าง เปลี่ยนไปได้ถึง ๑๐ เปอร์เซ็นต์ ของสเกลพลังงานที่ตั้งไว้

Scaler ประกอบด้วยที่กำหนดจำนวนนับวัดและเวลา (preset count and preset time) และที่หักแบกราวนด์ (background subtraction) ที่กำหนดจำนวนนับวัดกำหนดค่าได้จาก ๑ ถึง ๙๙๙.๙๙๙ ที่กำหนดเวลาค่าหนดได้จาก .๐๑ ถึง ๙๙๙.๙๙ นาที หรือจาก .๑ ถึง ๙๙๙๙.๙ วินาที และที่หักแบกราวนด์ สามารถหักจำนวนนับวัดได้จาก ๑ ถึง ๙๙๙ ก่อนหน้า

Scintillation well detector เป็นผลึกของ thallium activated sodium iodide ขนาด ๓x๓ นิ้ว

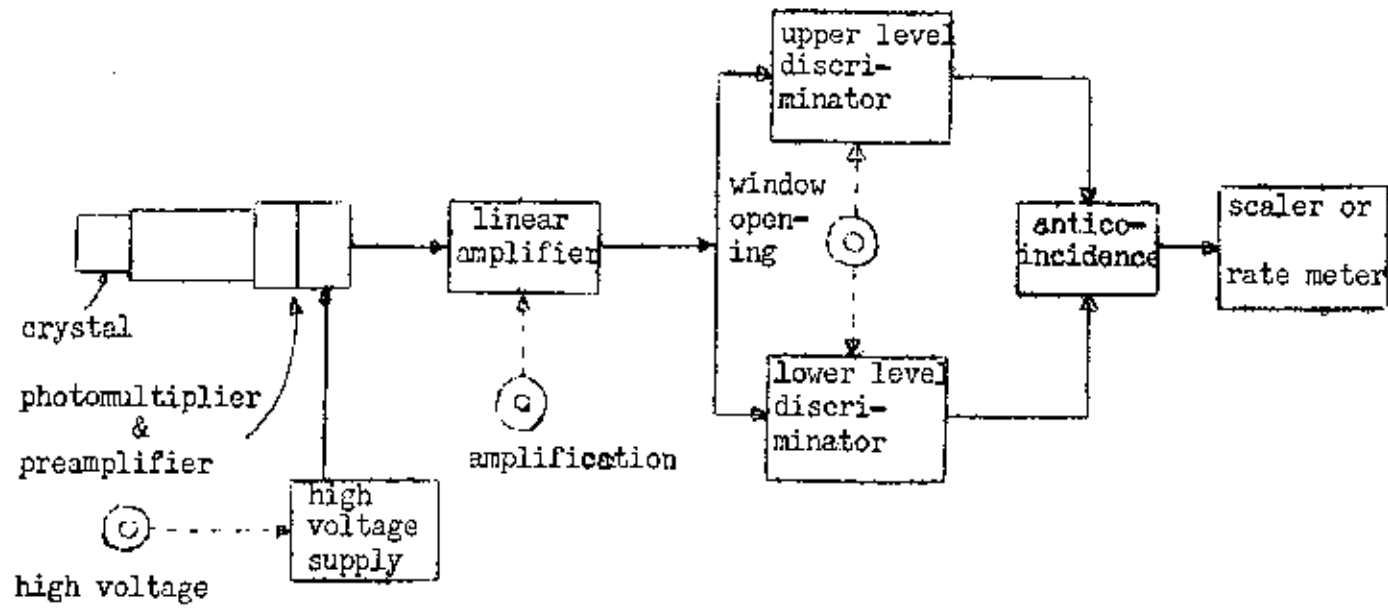



 217 •  Nuclear-Chicago Model 8725 Analyzer / scaler

หลักการพื้นฐานของเครื่องนับรังสีแกมมา สเปกโตรมิเตอร์

รังสีไอโอไนซ์ที่แผ่มาจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา จะปล่อยรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic rays) ที่มีสเปกตรัมพลังงานเฉพาะสารนั้น ๆ ออกมา โดยการใส่ detector ที่ทำให้เกิดผลเป็นปฏิภาคกับพลังงานของรังสีแกมมาที่เข้ามา จะสามารถมองเห็นความแตกต่างระหว่างสเปกตรัมพลังงานต่าง ๆ ซึ่งทำให้สามารถแยกรังสีไอโอไนซ์แต่ละชนิดได้

รังสีแกมมาที่เข้ามาชนเนื้อ thallium activated sodium iodide จะเกิดปฏิกิริยากับอิเล็กตรอนของผลึกได้ ๓ วิธี คือ photoelectric absorption, Compton scattering และ pair production พลังงานของรังสีแกมมาที่ถูกดูดกลืนจะทำให้เกิดประกายแสง (scintillation) ขึ้น ขนาดของประกายแสงเหล่านี้เป็นปฏิภาคกับพลังงานของรังสีแกมมาที่สูญเสียไปในผลึก นอกจากผลึกเป็นเครื่องสำหรับวัดแสง เรียกว่าหลอด photomultiplier ซึ่งประกอบด้วย photocathode และ dynodes เมื่อประกายแสงมากระทบ photocathode จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาและวิ่งเข้าชน dynodes ต่าง ๆ ซึ่งผลให้ไอจํานวนอิเล็กตรอนมากขึ้นชั่วเวลา current pulse หรือ voltage pulse ที่มีแอมพลิจูด (amplitude) เป็นปฏิภาคกับพลังงานของรังสีแกมมาที่เข้ามา voltage pulse ที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปยัง linear amplifier เพื่อขยายและถือไปยัง pulse height analyzer เพื่อเลือก pulse ที่มีขนาดตามต้องการ pulse height analyzer ประกอบด้วย lower level discriminator (base) และ upper level discriminator ซึ่งยอมให้ pulse ที่มีขนาดสูงกว่าระดับที่ตั้งไว้ผ่านไปเท่านั้น ความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของ pulse หรือระดับพลังงานทั้งสอง เรียกว่า หน้าต่าง (window) pulse ที่มีขนาดออกไปเข้าวงจร anticoincidence ซึ่งเป็นวงจรที่ใหม่หลอดมาตัวเมื่อ pulse มาถึงไม่พร้อมกัน ทำให้ได้ pulse ที่มีขนาดอยู่ระหว่างระดับพลังงานทั้งสองส่งออกไปยังเครื่องนับวัด (scaler) (รูปที่ ๒)



รูปที่ ๒ แผนผังของเครื่องวัดรังสีแบบโพรโทมิเตอร์

การทดลองวัดรากไอไอโซโทป

ตอนที่ ๑ สเปกตรัมของ <sup>๕๑</sup>โครเมียม, <sup>๑๒๕</sup>ไอโอดีน และ <sup>๑๓๐</sup>ไอโอดีน

วางตัวอย่างสารละลาย <sup>๕๑</sup>โครเมียมที่เจือจางประมาณ ๐.๐๕ ไมโครคูรีต่อ มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุอยู่ในขวดแก้วฝาเกลียวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑.๕ เซนติเมตร ไว้ใน หลุมสำหรับวัด (well detector)

Differential spectrum

- ก. ตั้งปุ่มบังคับเครื่องให้ทำงานแบบ differential
- ข. ตั้งความกว้างของหน้าต่างที่ ๔๐ หน่วย pulse height ตั้งเบส (base) ที่ ๓๐๐ เพื่อให้กึ่งกลางของหน้าต่างอยู่ที่ค่าหนึ่ง ๓๖๐ ซึ่งเป็น peak energy ของ <sup>๕๑</sup>โครเมียม (๓๖๐ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์)
- ค. ลด high voltage ลงมา จนกระทั่งไม่มีคานับวัดเกิดขึ้น ถ้ายัง คงไว้คานับวัดแม้ว่าจะลด high voltage ลงมาจนต่ำสุดแล้ว จะต้องลด gain หรือ amplification ของ amplifier ลงมาอีก
- ง. ถอย ๆ เพิ่ม high voltage อย่างช้า ๆ คานับวัดจะค่อยเพิ่มขึ้น จนถึงค่าสูงสุดแล้วลดต่ำลง ตั้ง high voltage ที่ให้คานับวัดสูงสุดเป็นส่วนหนึ่งที่จะใช้ทำงาน การกระทำเช่นนี้หมายความว่า ๑ หน่วย pulse height มีค่าเท่ากับ ๑ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์
- จ. ลดเบสลงมาจนต่ำสุด แล้วถอย ๆ เพิ่มขึ้นทีละขั้น (เช่นทีละ ๑๐ หน่วย pulse height) บันทึกอัตราการนับวัดทุกขั้น แล้วพล็อตอัตราการนับวัดกับ pulse height (คือพลังงานของสารบนสเกลของเบส) ลงในกราฟจะได้รูปสเปกตรัมของ <sup>๕๑</sup>โครเมียม (ดังรูปที่ ๓) ซึ่งแต่ละจุดบน differential spectrum นี้แทนอัตราการนับวัดในช่วง pulse height หนึ่ง ๆ

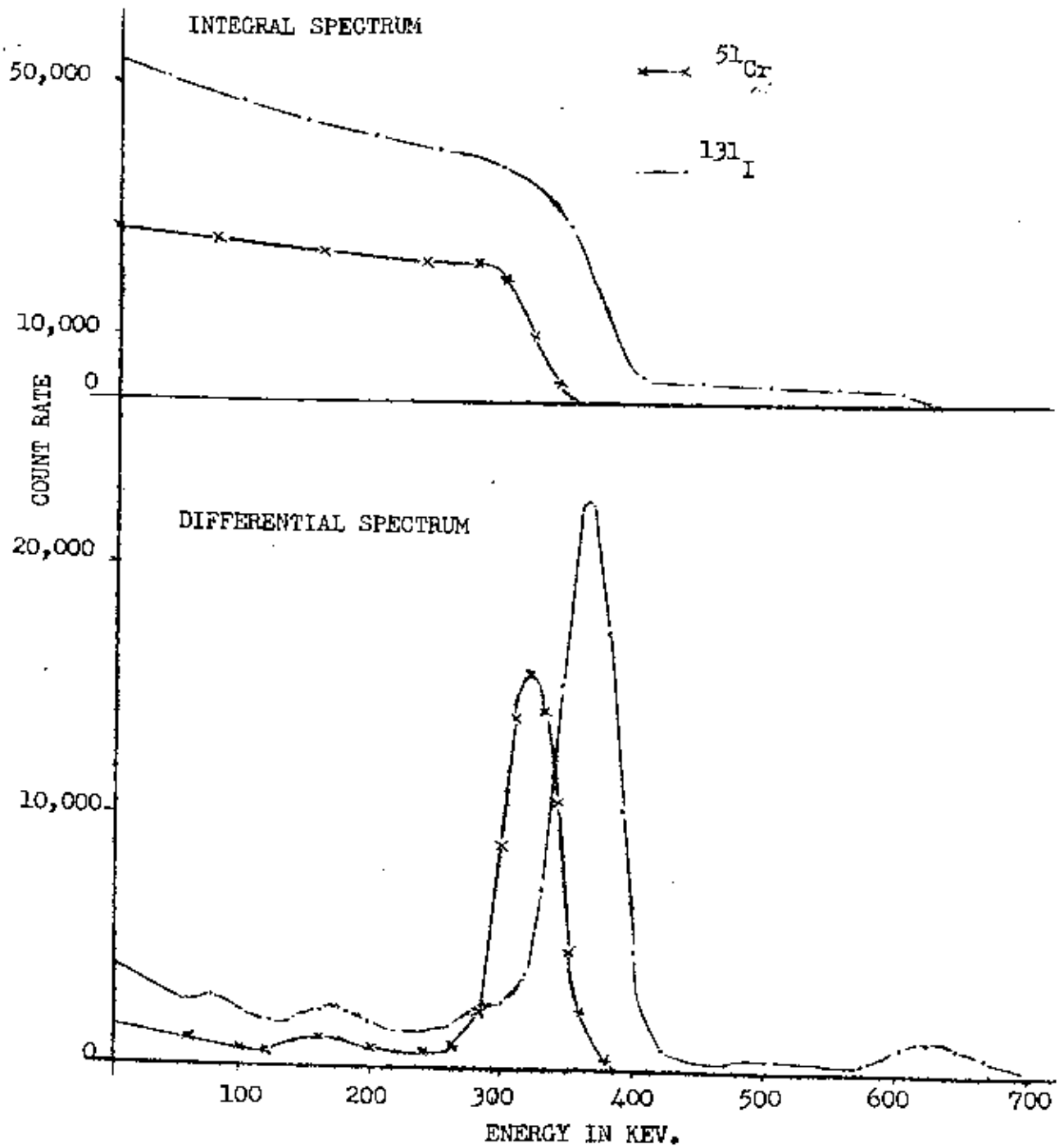
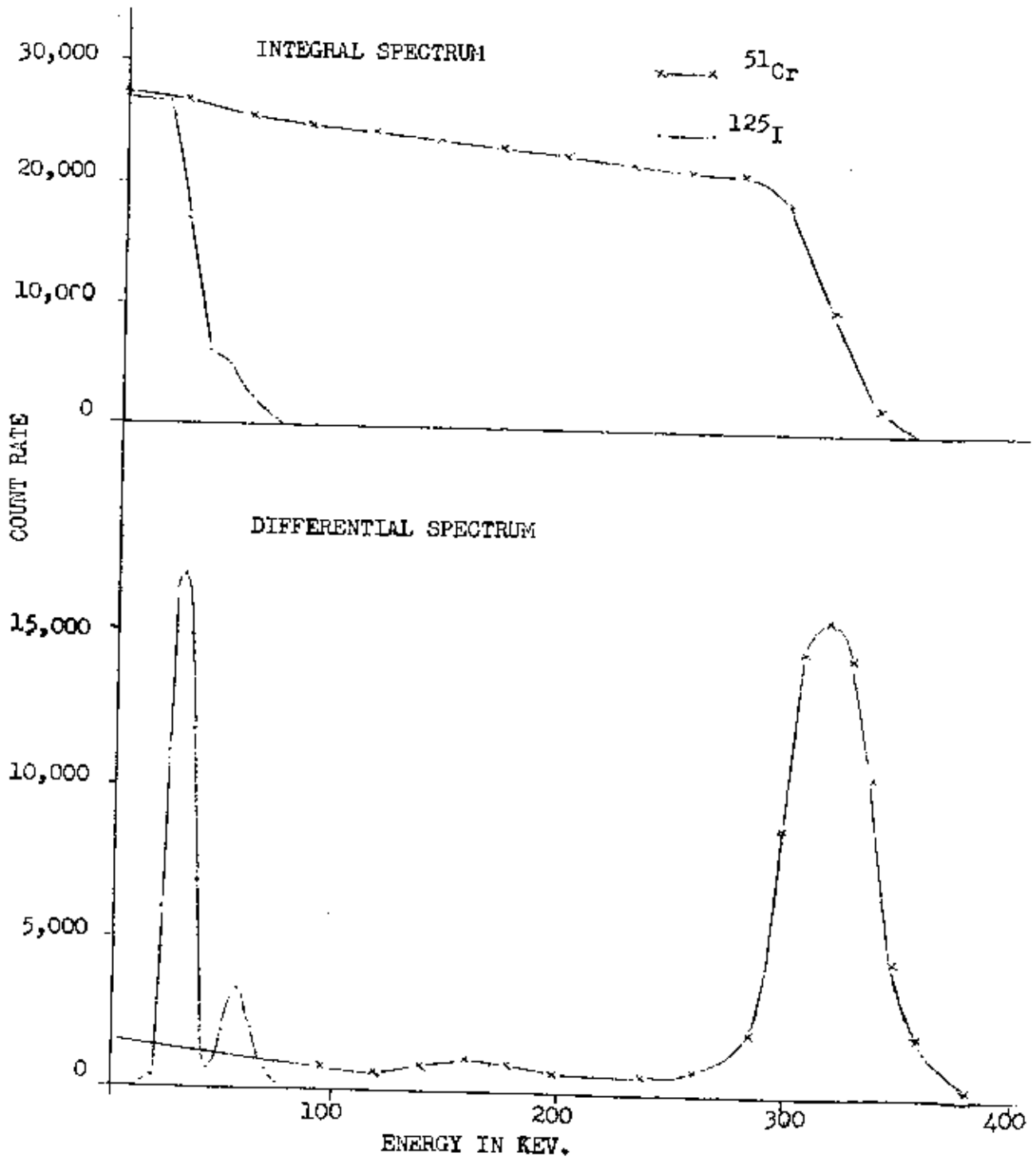


Figure 1. Integral and differential spectra of  $^{51}\text{Cr}$  and  $^{131}\text{I}$ .



รูปที่ ๔ แสดงสเปกตรัมของ  $^{51}\text{Cr}$  และ  $^{125}\text{I}$

Integral spectrum

- จ. ตั้งปุ่มขึงกับเครื่องให้ทำงานแบบ integral
- ข. บันทึกอัตราการนับวัดที่เบส ๐ และที่เบสสูงขึ้นมาตามลำดับ จนไม่มีลำนำวัดเกิดขึ้น จะได้รูปสเปกตรัมแบบ integral ของ โครเมียม (ดังรูปที่ ๓) ซึ่งแต่ละจุดบน integral spectrum นี้แทนอัตราการนับวัดทั้งหมดที่อยู่มาก่อนระดับ pulse height ที่ตั้งไว้
- ค. เปลี่ยนไปใช้ตัวอย่างสารละลาย ไอโอดีน และ ไอโอดีน ดำเนินการตามข้อ ก, ข, ค. และ ง จะได้รูปสเปกตรัมของธาตุไอโอดีนไอโซโทปทั้งสอง (ดังรูปที่ ๓ และ ๔)

ตอนที่ ๒ การวัดความหนาแน่น โครเมียม และ ไอโอดีน

โครเมียม มีเวลาครึ่งอายุ ๒๗.๔ วัน สลายตัวให้รังสีแกมมาที่มีพลังงาน ๑๖๖ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

ไอโอดีน มีเวลาครึ่งอายุ ๘.๐๘ วัน สลายตัวให้รังสีแกมมาที่มีพลังงานต่าง ๆ กันออกมา ที่สำคัญคือ ๔๖ เปอร์เซ็นต์เป็นรังสีแกมมาที่มีพลังงาน ๓๖๕ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และ ๕ เปอร์เซ็นต์เป็นรังสีแกมมาที่มีพลังงาน ๒๗๗ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

ก. การวัดแบบ differential

จากรูปที่ ๓ จะเห็นได้ว่าเมื่อตั้งเบสที่ ๒๖๖ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และ เปิดหน้าต่าง ๑๐๐ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ peak ใหญ่ของ โครเมียม และ ไอโอดีนบางส่วนจะถูกนับวัดรวมกัน ถ้าเปลี่ยนไปตั้งเบสที่ ๔๘๖ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และ เปิดหน้าต่าง ๑๐๐ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ peak ๒๗๗ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ของ ไอโอดีนจะถูกนับวัดเท่านั้น โดยการหาอัตราส่วนค่านับวัดของ ไอโอดีนแท้ ๆ ที่เบสทั้งสอง จะสามารถหาค่าความหนาแน่นที่เนื่องมาจาก โครเมียมล้วน ๆ ที่เบส ๒๖๖ ในตัวอย่างเลือกที่มาธาตุไอโอดีนไอโซโทปทั้งสองผสมกันอยู่ได้

ให้

- I = ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างสารละลาย ไอโอดีนแท้ ๆ
- G = ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างสารละลาย โครเมียม
- M = ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างผสมระหว่าง โครเมียม และ ไอโอดีน
- K' =  $\frac{I \text{ วัดที่เบส } ๒๖๖}{I \text{ วัดที่เบส } ๔๘๖} = \frac{I_{270}}{I_{580}}$



∴ กัมมันตภาพของ <sup>51</sup>โครเมียมต่าง ๆ วัดที่เบส ๒๒๐ นาฬิกาจากสูตร

$$M_{270} - K_1 M_{580} = C_{270}$$

และกัมมันตภาพของ <sup>131</sup>ไอโอดีนต่าง ๆ วัดที่เบส ๒๒๐

$$M_{270} - C_{270} = I_{270}$$

ตัวอย่างการทดลอง (ดังในตารางที่ ๑)

๗. การวัดแบบ integral

จากรูปที่ ๓ จะเห็นได้ว่า ถ้าตั้งเบสที่ ๓๒๐ ก็ได้อิเล็กตรอนไวออกซ์ จะวัด <sup>51</sup>โครเมียมไม่ได้เลย เพราะฉะนั้นเมื่อวัด <sup>51</sup>Cr tagged red cells และ <sup>131</sup>I tagged human serum albumin เข้าไปในร่างกายคน แล้วถูกเลือกครึ่ง ยอมครึ่ง <sup>51</sup>โครเมียม และ <sup>131</sup>ไอโอดีนผสมกันอยู่ออกมาทำการวัด ถ้ามีวัดที่เบส ๐ จะเป็นค่ามีวัดของ <sup>51</sup>โครเมียม และ <sup>131</sup>ไอโอดีนทั้งหมด ถ้าเอาตัวอย่างเลือกขึ้นเดียวกันนี้ ไปวัดที่เบส ๓๒๐ ก็ได้อิเล็กตรอนไวออกซ์ ถ้ามีวัดจะเป็นของ <sup>131</sup>ไอโอดีนเท่านั้น ซึ่งสามารถแก้ไขเป็นค่ามีวัดทั้งหมดที่เบส ๐ จากนั้นก็จะสามารถคำนวณหาปริมาณและปริมาณเนื้อเลือกแดงได้

- ให้ I = ค่ามีวัดของจำนวนไอโอดีนแท้ ๆ ทั้งหมด
- C = ค่ามีวัดของจำนวนโครเมียมแท้ ๆ ทั้งหมด
- A = ค่ามีวัดของเลือด (ซึ่งประกอบด้วย <sup>51</sup>โครเมียมและ <sup>131</sup>ไอโอดีน) ที่เบส ๐
- B = ค่ามีวัดของเลือด (ซึ่งประกอบด้วย <sup>51</sup>โครเมียมและ <sup>131</sup>ไอโอดีน) ที่เบส ๓๒๐
- $K_1 = \frac{\text{ค่ามีวัดของ } ^{131}\text{ไอโอดีนแท้ ๆ ที่เบส } ๓๒๐}{\text{ค่ามีวัดของ } ^{131}\text{ไอโอดีนแท้ ๆ ที่เบส } ๐}$
- $K_2 = \frac{\text{ค่ามีวัดของ } ^{51}\text{โครเมียมแท้ ๆ ที่เบส } ๓๒๐}{\text{ค่ามีวัดของ } ^{51}\text{โครเมียมแท้ ๆ ที่เบส } ๐}$

เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$I + C = A \text{ -----(1)}$$

$$K_1 I + K_2 C = B \text{ -----(2)}$$

$K_1$  และ  $K_2$  หาได้จากการวัดสารตัวอย่าง ไอโอดีนแท้ ๆ และ โครเมียมแท้ ๆ ที่เบสทั้งสอง  
ค่าของ  $K_1$  และ  $K_2$  ไม่ขึ้นกับจำนวนราคาไอโอดีนไฮโปในสารตัวอย่าง แต่ขึ้นอยู่กับค่าคงที่ของโครเมียม  
ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะให้  $K_1$  มีค่ามากที่สุด (เพื่อให้ค่าบีวักสูง) แต่ในขณะที่เดียวกันให้  $K_2$  มีค่า  
น้อยที่สุด (ที่เบส ๒๐ ให้เป็นการวัดแต่ ไอโอดีนอย่างเดียว)

จากสมการ (1) และ (2) ได้ว่า

$$I = \frac{B - K_2 A}{K_1 - K_2}$$

$$C = \frac{K_1 A - B}{K_1 - K_2}$$

ในกรณีที่  $K_1$  มีค่าน้อยมาก สามารถลบล้างได้ จะโคจรที่งานขึ้นสำหรับกำหนดหาปริมาณของ  
ไอโอดีนและ โครเมียมในตัวอย่างสารที่มีราคาไอโอดีนไฮโปทั้งสองผสมกันอยู่ ดังนี้

$$I = \frac{B}{K_1}$$

$$C = A - \frac{B}{K_1}$$

ตัวอย่างการทดลอง (ดังในการพที่ ๑)

ตอนที่ ๑ การวัดความระเหวียง โครเมียม และ ไอโอดีน

ไอโอดีน มีเวลาครึ่งอายุ ๖๐ วัน สอดภาวให้รังสีแกมมาที่ขนาดใช้งาน  
๒๔ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

ก. การวัดแบบ differential

ตามรูปที่ ๔ เมื่อจะวัดกับมันดากาของ ไอโอดีนจะตั้ง เบสที่ ๒๐ และ เปิดหน้าต่าง ๒๔ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และสำหรับการวัด โครเมียมจะตั้ง เบสที่ ๒๗ และ เปิดหน้าต่าง ๓๐๐ กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ค่าปรับวัดของ ไอโอดีนที่เบส ๒๐ มีกับมันดากาของ โครเมียม ๒๐๐ เท่า ซึ่งสามารถคิดวัดออกได้โดยหลักการ เช่นเดียวกับตอนต้น

$$\therefore M_{20} \cdot K_{270} = I_{20}$$

$$\text{โดย } K_{270} = \frac{C_{\text{วัดที่เบส } 20}}{C_{\text{วัดที่เบส } 270}} = \frac{C_{20}}{C_{270}}$$

ตัวอย่างการทดลอง (ดังในตารางที่ ๑)

ข. การวัดแบบ integral

ที่เบส ๓๐๐ เป็นการวัดแค โครเมียมเท่านั้น โดยหลักการอันเดียวกับตอนที่ข.

$$\text{ถ้าให้ } K_3 = \frac{\text{ค่าปรับวัดของ ไอโอดีนแต่ละ ๆ ที่เบส ๓๐๐}}{\text{ค่าปรับวัดของ ไอโอดีนแต่ละ ๆ ที่เบส ๓๐}}$$

$$K_4 = \frac{\text{ค่าปรับวัดของ โครเมียมแต่ละ ๆ ที่เบส ๓๐๐}}{\text{ค่าปรับวัดของ โครเมียมแต่ละ ๆ ที่เบส ๓๐}}$$

จะได้

$$I + C = A$$

$$K_3 I + K_4 C = B$$

∴

$$C = \frac{B - K_3 A}{K_4 - K_3}$$

$$I = \frac{K_4 A - B}{K_4 - K_3}$$

ในกรณีที่  $K_4$  มีค่าน้อยมาก สามารถตัดทิ้งได้ จะได้ว่า

$$C = \frac{B}{K_4}$$

$$I = A - \frac{B}{K_4}$$

ตัวอย่างการทดลอง (ดังในตารางที่ ๑) §

§

\* แสดงการ เปรียบเทียบจำนวนไอโอดีนที่แท้จริงกับจำนวนไอโอดีนที่คำนวณได้โดยการวัดความ

\*\* แสดงการ เปรียบเทียบจำนวนโครเมียมที่แท้จริงกับจำนวนโครเมียมที่คำนวณได้โดยการวัดความ