



2.1 การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี

ในการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี จะมีการปลดปล่อยรังสีแอลฟา (Alpha) รังสีเบตา (Beta) รังสีแกมมา (Gamma) และอื่น ๆ ออกมา เพื่อปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินภายในอนุภาคสารกัมมันตรังสี เพื่อปรับตัวเองจากภาวะตื่นเต้น (Excited state) กลับสู่ภาวะปกติ (Ground state)

การสลายตัวของสารกัมมันตรังสีที่ให้รังสีแอลฟา มักพบในสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ สารกัมมันตรังสีซึ่งเกิดจากการจับนิวตรอนของสารไอโซโทปที่อยู่ตัวเกือบทั้งหมดจะสลายตัว โดยการปลดปล่อยรังสีเบตาแล้วตามด้วยรังสีแกมมา การที่สารกัมมันตรังสีสลายตัวปลดปล่อยรังสีเบตาจนกลายเป็นไอโซโทปอื่น แต่ภายในนิวเคลียสจะยังมีพลังงานส่วนเกินเหลืออยู่ และพลังงานส่วนเกินนี้มักจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปรังสีแกมมา เพื่อปรับตัวเองกลับสู่ภาวะปกติตามธรรมชาติ

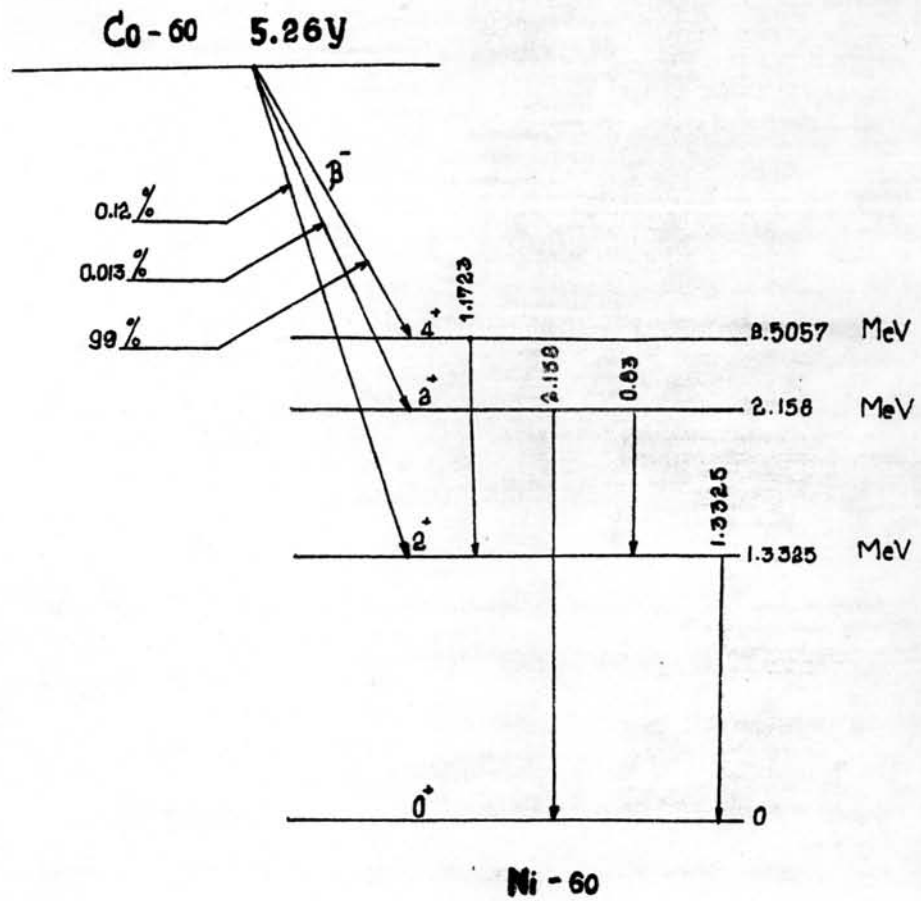
การสลายตัวของสารกัมมันตรังสีส่วนมากจึง เป็นการปลดปล่อยรังสีเบตาแล้วตามด้วยรังสีแกมมา ซึ่งเกิดขึ้นต่อเนื่องกันในช่วงเวลาอันสั้น น้อยกว่าหนึ่งในล้านของวินาทีจากธรรมชาติของการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีดังกล่าว จึงนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคการนับแบบเบตา-แกมมา โคอซิเดนซ์ เพื่อใช้วัดความแรงสัมบูรณ์ของสารกัมมันตรังสีบางชนิด และศึกษารายละเอียดของการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี

2.2 แผนภูมิการสลายตัวของ โคบอลต์-60 ทอง-198 และไอโอดีน-131

2.3 วงจรโคอซิเดนซ์ (Coincidence Circuits)

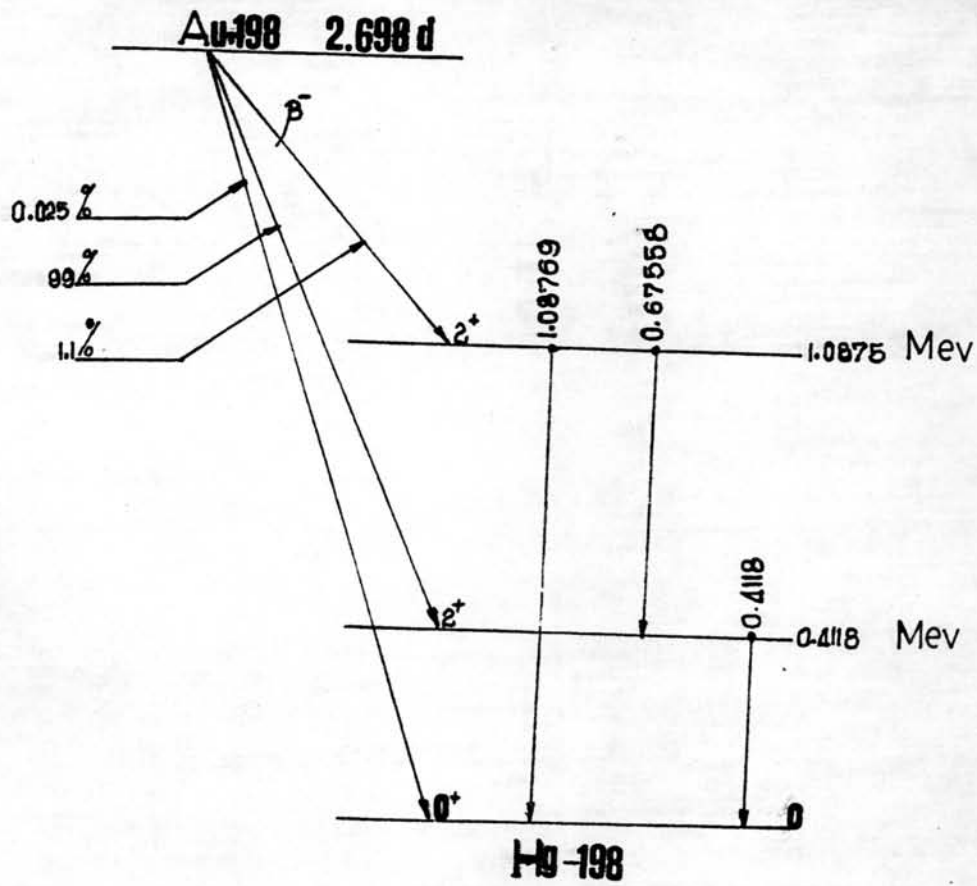
Bleuler และ Goldsmith⁽⁵⁾ Chase⁽⁸⁾ และ Price⁽⁷⁾

2.2.1 แผนภูมิการสลายตัวของโคบอลต์-60 (1)



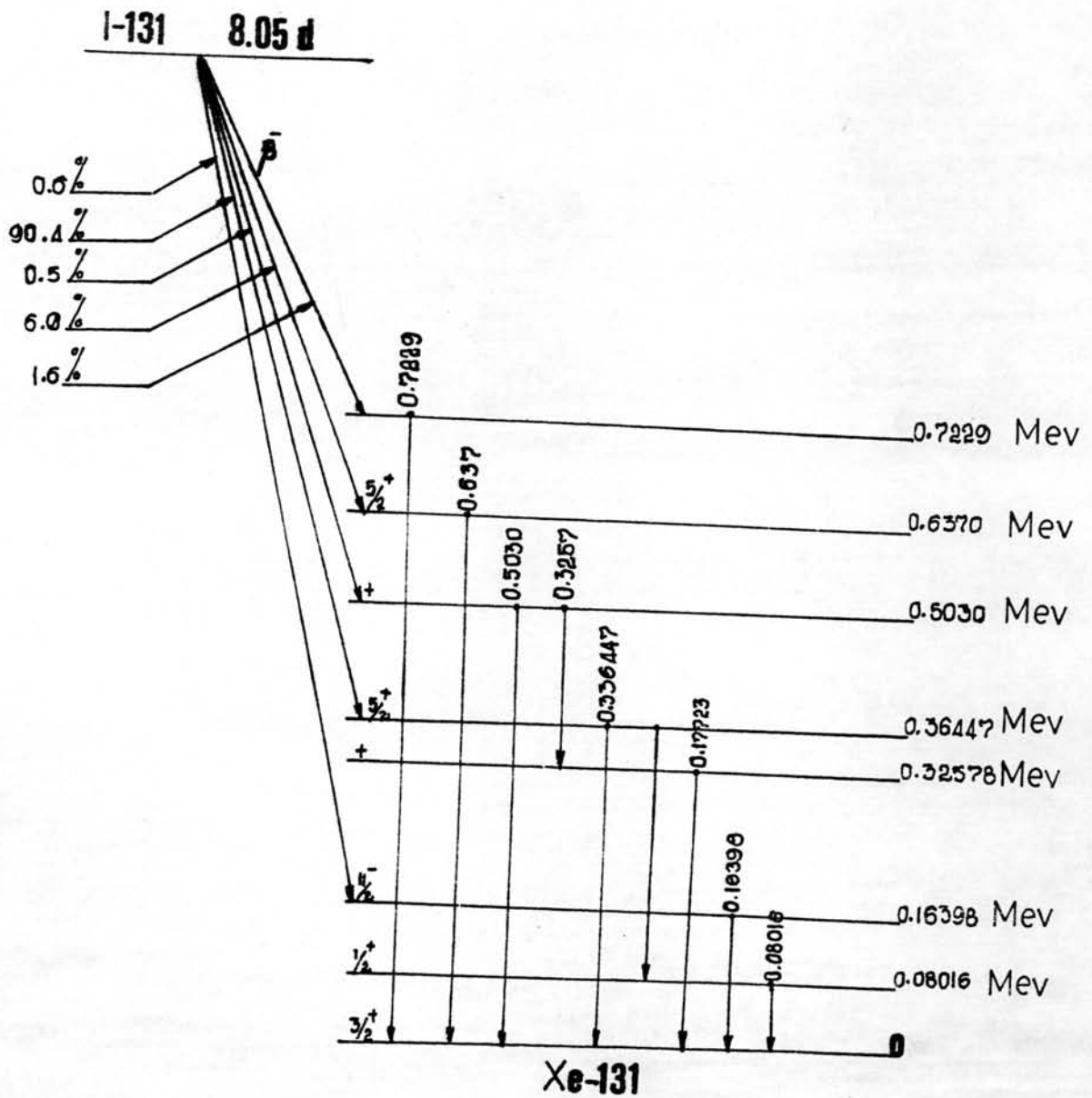
รูปที่ 2.1 แสดงแผนภูมิการสลายตัวของต้นกำเนิดรังสีโคบอลต์-60

2.2.2 แผนภูมิการสลายตัวของ ทอง-198⁽¹⁾



รูปที่ 2.2 แสดงแผนภูมิการสลายตัวของกัณฑ์กัวเนตรังสี ทอง-198

2.2.3 แผนภูมิการสลายตัวของ ไอโอดีน-131⁽¹⁾

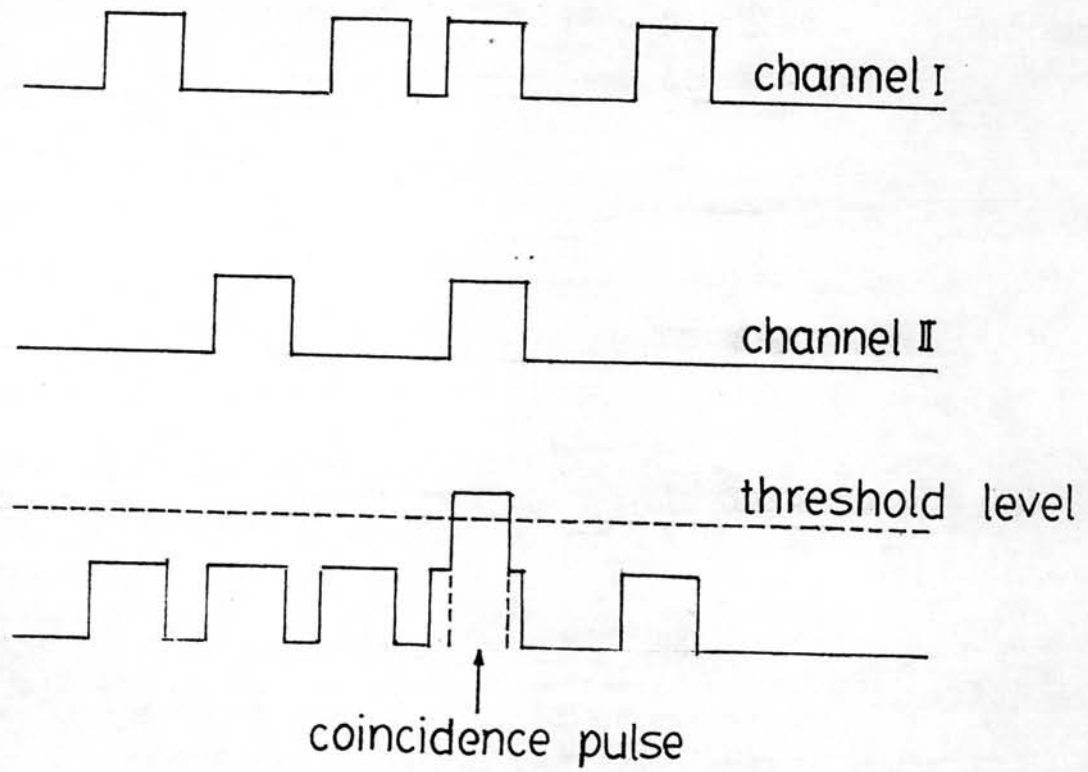


รูปที่ 2.3 แสดงแผนภูมิการสลายตัวของต้นกำเนิดครึ่งชีวิต ไอโอดีน-131

ได้บรรยายถึงวงจรโคอินซิเดนซ์แบบต่าง ๆ ทั้งที่ใช้หลอดสูญญากาศและทรานซิสเตอร์ โดยจำแนกวงจรโคอินซิเดนซ์เป็นแบบขนาน หรือแบบ Rossi แบบอนุกรม และแบบ บริดจ์ (Bridge) ต่อมา Nicholson⁽⁶⁾ ได้รวบรวมและบรรยายวงจรโคอินซิเดนซ์ ด้วยทรานซิสเตอร์ล้วน ๆ และได้จำแนกวงจรโคอินซิเดนซ์ เป็นแบบบวกสัญญาณ (Additive type) วงจร Diode AND gate วงจร Differential coincidence และแบบอื่น ๆ

วงจรโคอินซิเดนซ์แบบธรรมดาที่สุดเป็นแบบบวกสัญญาณ สัญญาณจากเครื่อง วัดรังสีอย่างน้อย สองเครื่อง ถ้าเข้าอินพุตของวงจรโคอินซิเดนซ์ โดยมีช่วงเวลา ชอนกันอยู่จะรวมกันมีสัญญาณโตเกิน Threshold ของวงจรโคอินซิเดนซ์ ทำให้เกิด สัญญาณเอาต์พุตส่งออกไป หลักการของวงจรโคอินซิเดนซ์แบบบวก แสดงดังรูปที่ 2.4 วงจรแบบบวกสัญญาณที่ธรรมดาที่สุดใช้ รีเวิร์ส ไบแอส ไดโอด (Reverse biased diode)

วงจรไดโอด แอนด์ เกท (Diode AND gate) หรือวงจร Rossi เป็นวงจรโคอินซิเดนซ์ที่ง่าย ๆ ไปมากที่สุด ออกแบบดั้งเดิมโดย Rossi ด้วยหลอด ไตรโอด (Triode) Nicholson⁽⁶⁾ ได้กล่าวถึงหลักการของไดโอด แอนด์ เกท ซึ่งใช้เป็นวงจรโคอินซิเดนซ์ วงจรผสมของโคอินซิเดนซ์ และแอนติโคอินซิเดนซ์ (Anti-coincidence) รวมทั้งวงจรแบบอื่น ๆ ซึ่งใช้หลักการของไดโอด แอนด์ เกท เช่นวงจรของ Tomlinsun และ Brown วงจรของ Simms พร้อมทั้งกล่าวถึง วงจรของ Verweij ซึ่งสามารถจัดให้มีช่วงของโคอินซิเดนซ์ หรือแอนติโคอินซิเดนซ์ ได้ถึง 5 ช่วง วงจรนี้สามารถทำงานเมื่อมีอัตราของสัญญาณสูงขนาด 100-200 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ได้ วงจรดิฟเฟอเรนเชียล โคอินซิเดนซ์ (Differential coincidence) พัฒนาขึ้นเมื่อวงจรมี รีโซลวิง ไทม์ (Resolving time) สั้นกว่าความกว้าง (width) ของสัญญาณอินพุต Nicholson⁽⁶⁾ ได้อธิบายวงจร ดิฟเฟอเรนเชียลของ Bay และ Mennier ซึ่งให้คาร์รีโซลวิง ไทม์ ได้สั้นกว่าความ กว้างของสัญญาณอินพุตมาก

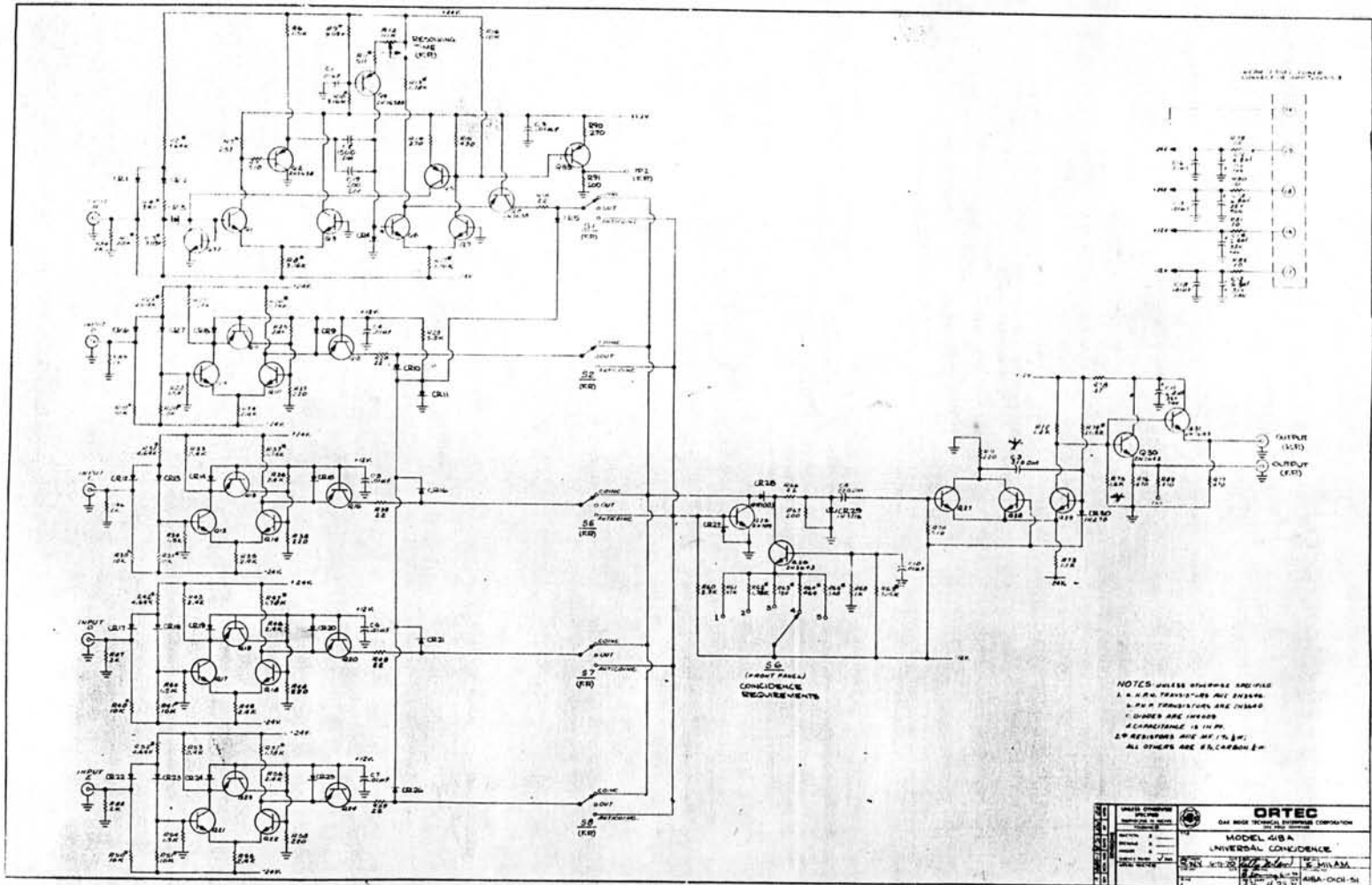


รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดสัญญาณโคออดิเนตแบบวงสัญญาณ (6)

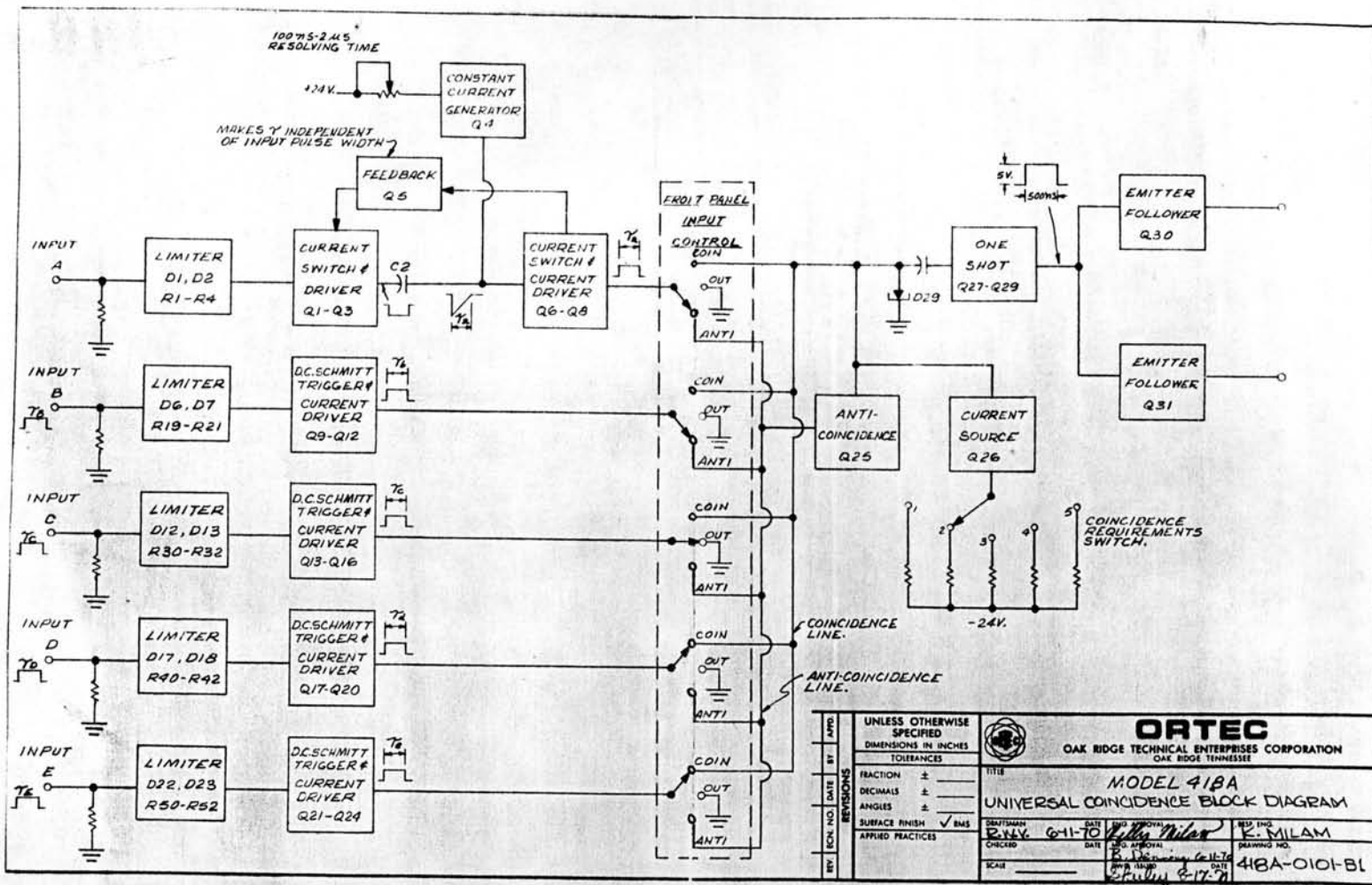
วงจรโคอินซิเดนซ์ที่ใช้ในการทดลอง เป็นวงจรมผลิตโดยบริษัท ออเทค (ORTEC) ซึ่งออกแบบวงจรมเป็นแบบสัญญาณซ้อน (Overlap type) ดังรูปที่ 2.5 หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นแบบวงจรม แอนค์ เกท เครื่องมืออาจปรับให้รับสัญญาณอินพุต ได้ถึง 5 ช่อง และอาจใช้เป็นระบบ โคอินซิเดนซ์ หรือ แอนไท โคอินซิเดนซ์ ระบบ ความคุมสัญญาณจะผ่านสัญญาณเหล่านี้ไปยังส่วนโคอินซิเดนซ์ ซึ่งประกอบด้วย ทันเนล ไดโอด (Tunnel diode) และทรานซิสเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นต้นกำเนิดกระแส (Current source) ดังรูปที่ 2.6 เมื่อ ทันเนล ไดโอด ถูกจัดไปอยู่ที่ระดับสูง (High state) โดยสัญญาณกระแสโคอินซิเดนซ์ (Coincidence current pulse) เครื่องมือจะให้สัญญาณเอาต์พุต จำนวนของสัญญาณโคอินซิเดนซ์ที่ใช้ทริกเกอร์ ทันเนล ไดโอด (Trigger tunnel diode) จะขึ้นกับปริมาณของกระแส ไบแอส (Biased current) ในทันเนล ไดโอด ซึ่งเท่ากับกระแสคอลเลกเตอร์ (Collector current) ของทรานซิสเตอร์ ที่ทำหน้าที่เป็นต้นกำเนิดกระแส กระแส นี้ควบคุมโดยความต้านทานที่ต่อกับอิมิตเตอร์ (Emitter resistor) ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งเลือกได้โดย สวิตช์ (Coincidence requirement switch) เมื่อทันเนล ไดโอด ถูกทริกเกอร์ ไปที่ระดับสูงจะให้สัญญาณไฟทริกเกอร์ หน่วย One shot ซึ่งจะ ให้ ลอจิก พัลส์ (Logic pulse) ผ่านไปยัง อิมิตเตอร์ ฟอลโลเวอร์ (Emitter follower) 2 ตัว และให้ พัลส์ ลอจิก 2 พัลส์ ที่ เอาต์พุต คอนเนคเตอร์ (Output connectors)

2.4 จำนวน โคอินซิเดนซ์ และ รีโซลวิง ไทม์⁽⁸⁾ (Chance Coincidence and Resolving Time)

เนื่องจากพัลส์ที่เข้าอินพุตของวงจรมโคอินซิเดนซ์มีความกว้างทำให้สัญญาณจาก หัววัดรังสีที่ไม่ได้โคอินซิเดนซ์กัน อาจให้สัญญาณโคอินซิเดนซ์ที่เอาต์พุตของวงจรมโคอินซิเดนซ์ได้ถ้า ดีเลย์ (delay) ของพัลส์น้อยกว่า รีโซลวิง ไทม์ (T) ของวงจรมโคอินซิเดนซ์ สัญญาณที่ออกจากเอาต์พุตของวงจรมโคอินซิเดนซ์ แบบนี้เป็น Spurious coincidence หรือ จำนวน โคอินซิเดนซ์ จำนวน จำนวน โคอินซิเดนซ์ ที่เกิดค่อนหา



รูปที่ 2.5 แสดงแผนผังวงจรโคอินซิเดนซ์ ที่ใช้ในการทดลอง (11)



รูปที่ 2.6 แสดงแผนผังการทำงานของหน่วยโคอินซิเดนซ์ ที่ใช้ในการทดลอง (11)

เวลา (N_c) นี้ ขึ้นกับอัตราการนับ N_p N_g จากหัววัดรังสีเบตาและแกมมาในกรณีที่ใช้หัววัดรังสี 2 หัว โอกาสที่พัลส์จากหัววัดรังสีเบตาตัวใดตัวหนึ่งจะปรากฏร่วมกับพัลส์จากหัววัดรังสีแกมมาภายในเวลา $\pm T$ คือ $p = N_g (2T)$ ดังนั้นอัตราการเกิด ซานซ์ โคอินซิเดนซ์ คือ $C_c = 2T N_p N_g$ เมื่อหัววัดรังสีเบตาและแกมมา วัดรังสีที่มีได้เกิดขึ้นอย่างโคอินซิเดนซ์ อัตรานับที่ได้ $N_c = b_c + 2T N_p N_g$ โดยที่ b_c คืออัตราการนับของแมคกราวนด์ โคอินซิเดนซ์ ที่เกิดจากรังสีคอสมิก

Chase⁽⁸⁾ ได้ให้ค่าของ ซานซ์ โคอินซิเดนซ์ เมื่อวงจรโคอินซิเดนซ์ มี 3 อินพุท ว่ามีค่า $C_c = 3T^2 N_1 N_2 N_3$ และ $C_c = nT^{n-1} N_1 N_2 N_3 \dots N_n$ เมื่อมี n อินพุท

ในการศึกษาปรากฏการณ์ โคอินซิเดนซ์ ซึ่งต้องการวัดการเกิดโคอินซิเดนซ์ที่แท้จริง เช่น โคอินซิเดนซ์ระหว่างรังสีเบตา และรังสีแกมมา มีค่าเป็น $N_p N_g$ ต้องมีค่าสูงกว่า N_c Bleuler และ Goldsmith⁽⁵⁾ ได้ให้ขอบเขตของความแรงของศนก่าเนตรังสี ไว้ว่าควรมีความแรงไม่เกิน 5×10^5 dps เมื่อวงจรโคอินซิเดนซ์ มีรีโซลวิง ไทม์ $1 \mu s$.

2.5 การหาค่า รีโซลวิง ไทม์⁽⁵⁾ (Determination of the Resolving Time)

รีโซลวิง ไทม์ ของระบบการวัดแบบเบตา-แกมมา โคอินซิเดนซ์ จะมีผลต่ออัตราการเกิด ซานซ์ โคอินซิเดนซ์ และอัตราการนับของโคอินซิเดนซ์ที่แท้จริง ดังนั้นในการวัดความแรงสัมบูรณ์โดยวิธี เบตา-แกมมา โคอินซิเดนซ์ จำเป็นต้องทราบค่า รีโซลวิง ไทม์ ของระบบโคอินซิเดนซ์ เพื่อนำไปคำนวณอัตราการเกิด ซานซ์ โคอินซิเดนซ์ และนำค่านี้ไปหักออกจากอัตราการนับโคอินซิเดนซ์ จากเครื่องนับ

ค่า รีโซลวิง ไทม์ ของระบบโคอินซิเดนซ์ หาได้โดยวิธีศนก่าเนตรังสีสองตัว (Two sources method) โดยวางศนก่าเนตรังสีแกมมาไว้หน้าหัววัดแกมมา และศนก่าเนตรังสีเบตาไว้หน้าหัววัดเบตา โดยมีเครื่องก่าบังรังสีกันไม่ให้รังสีจากศนก่าเนตรังสีทั้งสองรบกวนซึ่งกันและกัน

ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการนับรังสีเบต้า รังสีแกมมา และอัตราการนับโคอินซิเดนซ์ จะมีความสัมพันธ์ ดังสมการ (2.1)

$$N_c = b_c + 2T \cdot N_\beta \cdot N_\gamma \quad (2.1)$$

ในที่นี้ N_c = เป็นอัตราการนับของโคอินซิเดนซ์ ต่อหน่วยเวลา

N_β = เป็นอัตราการนับของรังสีเบต้า ต่อหน่วยเวลา

N_γ = เป็นอัตราการนับของรังสีแกมมา ต่อหน่วยเวลา

b_c = เป็นอัตราการนับแบกกราวด์ โคอินซิเดนซ์ ต่อหน่วยเวลา

T = เป็นค่า รีโวลวิง ไท์ม ของวงจรโคอินซิเดนซ์

จะเห็นว่า สมการ (2.1) เป็นสมการเส้นตรง โดยมีค่า b_c เป็นจุดตัดบนแกน y และเส้นตรงมีความชัน $2T$ โดยนำความสัมพันธ์ของ N_c และ $N_\beta \cdot N_\gamma$ มาเขียนเส้นกราฟ ดังรูป 2.7 ซึ่งเป็นกราฟเส้นตรง

จากสมการ (2.1) ค่าความชัน = $2T$

ดังนั้นเราจะสามารถหาค่า รีโวลวิง ไท์ม ของ โคอินซิเดนซ์ ได้โดยใช้วิธีตัดกำเนิดรังสีสองตัว จากสมการ (2.1) เราจะได้อัตราการนับโคอินซิเดนซ์ ที่แท้จริง (True coincidence counts) ดังสมการ

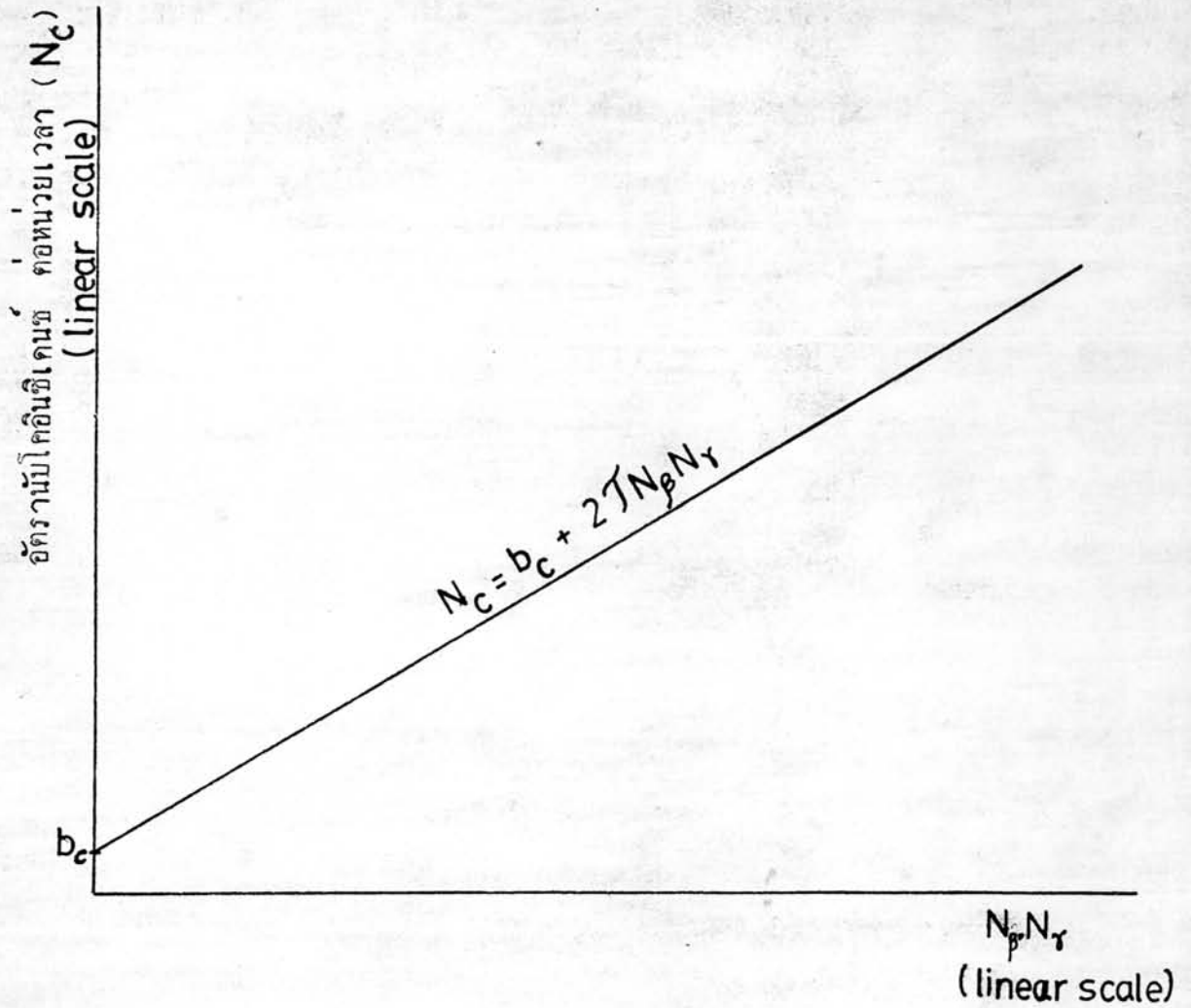
$$N_{\beta\gamma} = N'_c - b_c - 2T \cdot N_\beta \cdot N_\gamma \quad (2.2)$$

ในที่นี้ N'_c = เป็นค่าอัตราการนับโคอินซิเดนซ์อ่านค่าจากเครื่องนับโคอินซิเดนซ์

$N_{\beta\gamma}$ = เป็นค่าอัตราการนับโคอินซิเดนซ์ที่แท้จริง

2.6 การวัดความแรงสัมบูรณ์ด้วยระบบ เบต้า-แกมมา โคอินซิเดนซ์ (Absolute Activity Measurement by Beta-Gamma Coincidence Method)

ในการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีส่วนใหญ่ มักปลดปล่อยรังสีเบต้า แล้วตามด้วยรังสีแกมมา ซึ่งเกิดขึ้นต่อเนื่องกันในเวลาอันสั้นมาก โดยใช้ระบบโคอินซิเดนซ์



รูปที่ 2.7 แสดงวิธีหาค่า ริโซลวิง โนม์ ของระบบโหนด (๕)
(๗)

เราสามารถวัดความแรงสัมบูรณ์ของสารกัมมันตรังสีได้โดยนำสัญญาณ ซึ่งเกิดจากรังสี-เบตาและรังสีแกมมาเข้าอินพุท (Input) ของโคอินซิเดนซ์ แล้วนำสัญญาณ เอาท์พุท (Output) ไปเข้าเครื่องนับ (Scaler) โดยอาศัยหลักการดังกล่าวจะสามารถนำไปสู่การวัดความแรงสัมบูรณ์ของสารกัมมันตรังสีได้จากหลักสำคัญดังนี้

ถ้า N_0 = เป็นอัตราการปลดปล่อยรังสีต่อหน่วยเวลา

N_T = เป็นอัตราการนับรังสีแกมมาต่อหน่วยเวลา

E_T = เป็นประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแกมมา

จะได้ว่า $N_T = N_0 E_T$ และ $N_P = N_0 E_P$

ถ้า N_{PT} = เป็นอัตราการนับโคอินซิเดนซ์ ต่อหน่วยเวลา

จะได้ว่า $N_{PT} = N_0 E_P E_T$

แทนค่า E_P และ E_T

จะได้ว่า $N_0 = \frac{N_P \cdot N_T}{N_{PT}}$ (2.3)

จากสมการ (2.3) จะสามารถนำไปสู่การวัดความแรงสัมบูรณ์ของสารกัมมันตรังสี

2.7 ประสิทธิภาพของการวัดรังสีแกมมาในเครื่องวัดเบตา (Gamma-Efficiency of Beta-Counter) (4)

ในการศึกษาระบบการวัดแบบ เบตา-แกมมา โคอินซิเดนซ์ โดยใช้หัววัดแบบไกเกอร์ เป็นเครื่องวัดรังสีเบตา และแกมมา จะพบว่าในหัววัดเบตาจะไวต่อรังสีแกมมาด้วย ทำให้ค่าอัตราการนับรังสีเบตาต่อหน่วยเวลาที่อ่านค่าได้จากเครื่องนับ (Scaler) ผิดพลาดไปเนื่องมาจากรังสีแกมมาที่ไวต่อหัววัดเบตา ดังนั้นอัตราการนับรังสีเบตาต่อหน่วยเวลา (N_P) จะเป็น

$$N_P = N_0 [E_P + (1-E_P)(E_{PT})]$$

ในที่นี้ $(E_p)_r$ เป็นประสิทธิภาพของหัววัดรังสีเบต้าที่ไวต่อรังสีแกมมา แต่ในบางครั้งรังสีแกมมาที่ไวต่อหัววัดเบต้าจะไปเพิ่มอัตราการนับในเครื่องนับเบต้า และยิ่งไปเพิ่มอัตราการนับในเครื่องนับโคอินซิเคนท์ ด้วย ซึ่งมีผลทำให้เกิดความผิดพลาดต่อการวัดความแรงสัมบูรณ์ของสารกัมมันตรังสี จะได้ว่า

$$N_{p\gamma} = N_0 [E_p \cdot E_r + (1-E_p)E_c]$$

ในที่นี้ E_c เป็นประสิทธิภาพของหัววัดเบต้าที่ไวต่อรังสีแกมมา มีผลต่อการเพิ่มอัตราการนับของโคอินซิเคนท์ ดังนั้นเราจะได้ว่า

$$\frac{N_p \cdot N_r}{N_{p\gamma}} = N_0 \left[1 + \frac{(1-E_p) \cdot (E_p)_r \cdot E_r - E_c}{E_p \cdot E_r + (1-E_p)E_c} \right] \quad (2.4)$$

แต่ในการทดลองจะพบว่า ค่า E_c มีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่า E_p และ E_r ดังนั้น ถ้าเราถือเสียว่าค่า $E_c = 0$ สมการที่ (2.4) จะเป็นดังนี้

$$\frac{N_p \cdot N_r}{N_{p\gamma}} = N_0 \left[1 + \frac{(1-E_p) \cdot (E_p)_r}{E_p} \right] \quad (2.5)$$

จากสมการ (2.5) จะเป็นสมการกราฟเส้นตรง โดยมีค่า $N_0 (E_p)_r$ เป็นค่าความชัน (slope) ของเส้นกราฟ และ N_0 เป็นค่า จุดตัดบนแกน y

2.8 วิธีหาอัตราการนับรังสีเบต้าแท้จริง ในเครื่องนับเบต้า (2)

เมื่อสารกัมมันตรังสีสลายตัว ปล่อยไอออนรังสีเบต้า อนุภาคเบต้าจะมีพลังงานจลน์ (Kinetic energy) วิ่งผ่านตัวกลางไป ขณะเดียวกันก็จะสูญเสียพลังงานเนื่องจากการชนกับอนุภาคของตัวกลางที่รังสีวิ่งผ่านไป จนสูญเสียพลังงานหมด อนุภาครังสีเบตาก็หยุดนิ่ง ระยะทางที่รังสีเบต้าเคลื่อนที่ไปได้ในตัวกลางนั้นเป็นค่าที่น่าสนใจ และมีความสำคัญมาก ค่าระยะทางที่รังสีเบต้าจะเคลื่อนที่ไปได้ในตัวกลางจะมีค่าต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางนั้น

วิธีที่หาการกระยะทางที่รังสีเบตาสามารถวิ่งผ่านไปได้ในตัวกลางอย่างง่าย ๆ คือ นำแผ่นดูดกลืน (Absorber) มาวางกั้นกันกำเนิกรังสีเบตาแล้วจับบันทึกอัตราการนับจากเครื่องนับรังสีเบตา โดยวิธีเปลี่ยนค่าความหนาของแผ่นดูดกลืนหลาย ๆ ขนาดจากน้อยไปมาก ทำให้อัตราการนับรังสีค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งอัตราการนับเกือบคงที่ ความสัมพันธ์ของความหนาของแผ่นดูดกลืนและอัตราการนับรังสีในเครื่องนับเบตา แสดงดังรูปที่ 2.8

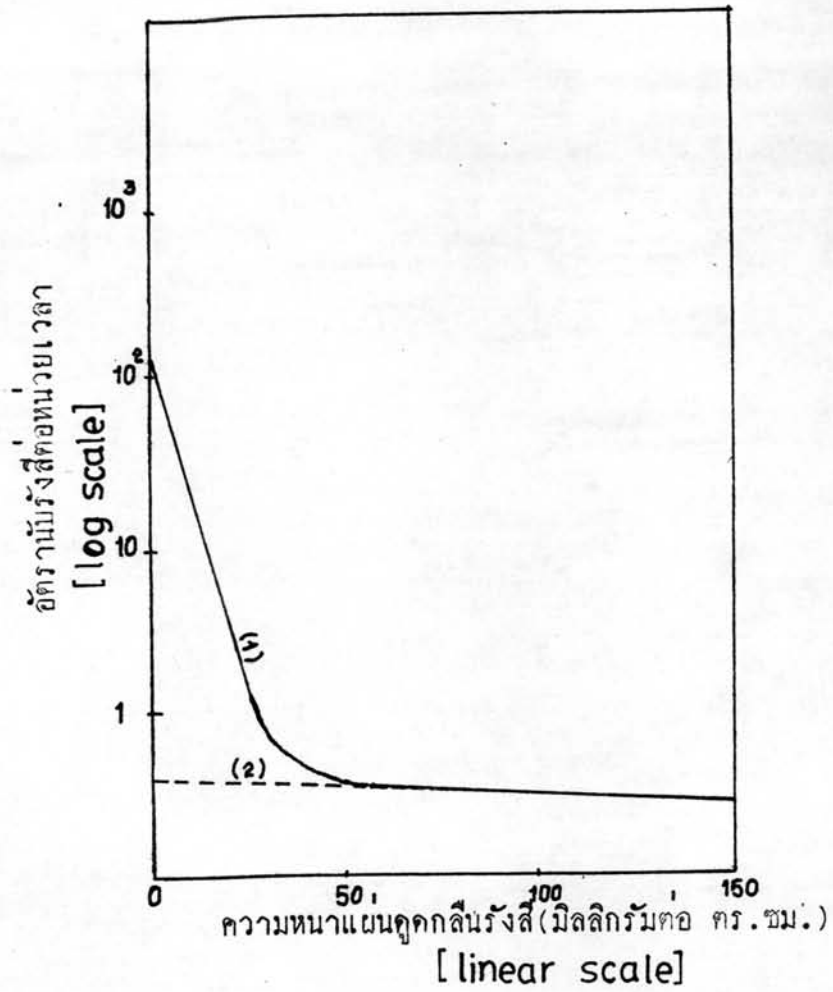
จากรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่า การตรวจวัดรังสีแกมมาที่ปะปนรวมกับอัตราการนับของเครื่องนับรังสีเบตา จากรูปกราฟเส้นที่ (1) แสดงอัตราการนับรังสีเบตา รวมกับอัตราการนับรังสีแกมมาและแบคกราวนด์ในช่วงตอนบนของรูปกราฟ และโดยการต่อส่วนท้ายของรูปกราฟ (1) ออกไปตัดแกนอัตราการนับจะได้กราฟเส้นที่ (2) ซึ่งเป็นอัตราการนับรังสีแกมมาในเครื่องนับรังสีเบตาและแบคกราวนด์

อัตราการนับรังสีแกมมาที่แท้จริงจะอ่านค่าได้จากกราฟเส้นตรง (2) ส่วนอัตราการนับรังสีเบตาที่แท้จริง จะหาได้โดยการนำเอาผลหักลบระหว่างกราฟเส้นตรง (1) กับกราฟเส้น (2) แล้วนำมาเขียนกราฟ ค่าอัตราการนับรังสีเบตาที่แท้จริง ก็จะอ่านค่าได้จากกราฟ

อัตราการนับของ เบตาที่แท้จริงนี้ จะมีประโยชน์ในการหาความแรงสัมบูรณ์ของสารกัมมันตรังสี โดยบันทึกอัตราการนับรังสีเบตา แกมมา และโคอินซิเดนซ์ ที่แท้จริงจากเครื่องนับแล้วแก้ค่าที่แท้จริงของอัตราการนับ เราจะสามารถคำนวณหาความแรงสัมบูรณ์ของสารกัมมันตรังสีได้ดังสมการที่ (2.3)

2.9 การเขียนเส้นกราฟเส้นตรงโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-Square Method)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยวิธีการเขียนเส้นกราฟ จำเป็นต้องมีเครื่องมือช่วยในการเขียนกราฟ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลมากที่สุด วิธีหนึ่งที่มีก็คือวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด โดยตั้งสมการของ เส้นตรงซึ่งมีความสัมพันธ์



รูปที่ 2.8 แสดงอัตรานํ้ารังสีเบต้า และ แกมมาเมื่อผ่านแผ่นคูคกสีนํ้ารังสี
ขนาดความหนาต่าง ๆ (2)

ระหว่างค่าความชัน และจุดตัดบนแกน y ดังสมการ (2.6)

$$y = b + mx \quad (2.6)$$

โดยที่ y = ค่าตัวแปรใด ๆ บนแกน y

x = ค่าตัวแปรใด ๆ บนแกน x

b = จุดตัดบนแกน y

m = ค่าความชันของเส้นตรง

โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ค่าของ b และ m จะได้จากสมการ (2.7) และ (2.8)

$$b = \frac{(\sum x_i)(\sum x_i y_i) - (\sum x_i^2)(\sum y_i)}{(\sum x_i)^2 - N(\sum x_i^2)} \quad (2.7)$$

$$m = \frac{(\sum x_i)(\sum y_i) - N(\sum x_i y_i)}{(\sum x_i)^2 - N(\sum x_i^2)} \quad (2.8)$$

จากสมการ (2.7) และ (2.8) ทำให้สามารถเขียนกราฟเส้นตรง โดยแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล จึงได้จากการทดลอง