

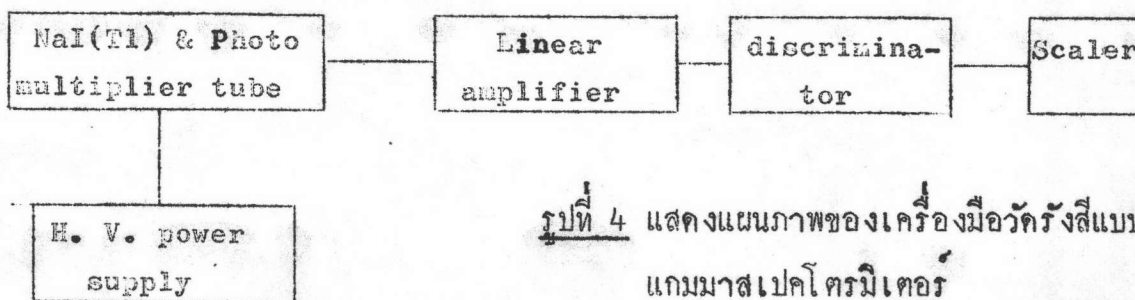
วิธีดำเนินการวิเคราะห์

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 1) เครื่องมือวัดรังสีแบบแกมมาสเปกโตรมิเตอร์
- 2) เครื่องนับรังสีไกเกอร์
- 3) เครื่องซินทิลเลชันเคานเตอร์
- 4) สารตัวอย่างและสารมาตรฐานที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์

3.1.1 เครื่องมือวัดรังสีแบบแกมมาสเปกโตรมิเตอร์

เครื่องมือวัดรังสีแบบนี้ประกอบด้วยหัวเครื่องนับซึ่งใช้ผลึกของโซเดียมไอโอไดต์ (NaI(Tl)) เป็นตัวซินทิลเลเตอร์ และต่อยูกับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier tube) โดยมีไฟฟ้่าคักยสูง (High voltage power supply) มาเลี้ยงหลอดจากหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ต่อไปยังเครื่องขยายสัญญาณ (Linear amplifier) แล้วส่งต่อยังคิสดริมิเนเตอร์ (discriminator) หรือเครื่องเลือกความสูงของสัญญาณ (Pulse height analyzer) เพื่อเข้าเครื่องนับ (Scaler) คึงแผนภาพ



รูปที่ 4 แสดงแผนภาพของเครื่องมือวัดรังสีแบบแกมมาสเปกโตรมิเตอร์

การทำงานของเครื่องมือชนิดนี้อาจอธิบายได้งายๆดังนี้ เมื่อมีรังสีแกมมาผ่านเข้ามาในผลึกของโซเดียมไอโอไดต์ จะเกิดอันตรกิริยา (interaction) แบบต่างๆขึ้นดังนี้

- 1) แบบโฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect)
- 2) แบบคอมป์ตัน (Compton effect)
- 3) แบบอิเล็กตรอนคู่ (Pair production)

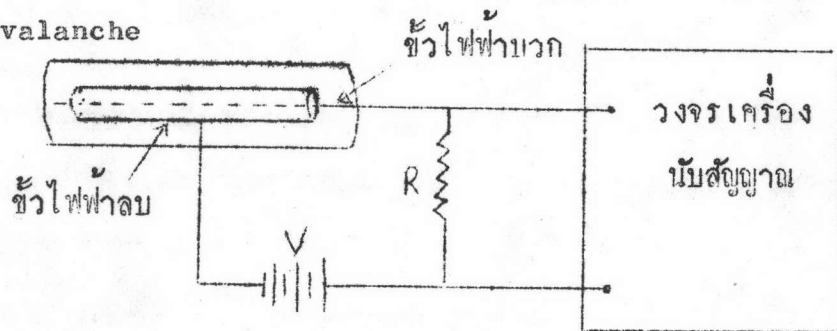
ในแต่ละชนิดของอันตรกริยา พลังงานของรังสีที่เข้ามาจะถ่ายเทให้กับอิเล็กตรอนในอะตอมของโซเดียมไอโอไดค์ ซึ่งเป็นตัวเรืองแสง (phosphor) พลังงานที่ให้จะอยู่ในรูปของพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน และเมื่ออิเล็กตรอนหยุดวิ่งพลังงานจลน์ของมันจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของแสง โดยที่ปริมาณแสงที่ออกมาจะเป็นสัดส่วนกับพลังงานของรังสีที่เข้ามา

หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงที่เกิดขึ้น เป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณที่ออกมาจะเข้าไปยังเครื่องขยายสัญญาณ ซึ่งจะขยายสัญญาณให้โตขึ้นคือมีศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้น แล้วส่งเข้าทิสทริมีเนเตอร์ หรือเครื่องเลือกความสูงของสัญญาณจากนั้นจะส่งเข้าเครื่องนับ

### 3.1.2 เครื่องนับไกเกอร์

เครื่องมือชนิดนี้ประกอบด้วยกระบอกโลหะซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าศักย์ลบ ตรงแกนกลางมีเส้นลวดเล็กๆซึ่งฉนวนและมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก ทั้งกระบอกโลหะและเส้นลวดบรรจุอยู่ในหลอดแก้วบางๆเพื่อให้รังสีผ่านโดยง่าย ภายในหลอดบรรจุก๊าซอาร์กอน 90% โดยน้ำหนักและไอสารประกอบอินทรีย์บางชนิดเช่น แอลกอฮอล์เป็นจำนวน 10% โดยน้ำหนัก ความกดดันของก๊าซภายในหลอดประมาณ 10 เซนติเมตรของปรอท เมื่อมีรังสีผ่านเข้ามาในหลอด อะตอมของก๊าซจะถูกไอออนไนซ์ (ionize) เป็นไอออนบวกและอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังแกนกลางที่เป็นขั้วไฟฟ้าบวก เนื่องจากความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าบวกและลบมีค่าสูง (ในที่นี้ใช้ 1,000 โวลต์) ทำให้ความเข้มสนามไฟฟ้าภายในหลอดมีค่าสูง อิเล็กตรอนที่เกิดจากการไอออนไนซ์ครั้งแรกจึงมีพลังงานจลน์สูง สามารถไอออนไนซ์อะตอมตัวอื่น ๆ ต่อไปได้อีก ดังนั้น อิเล็กตรอนซึ่งเดิมมีเพียงตัวเดียวจะไปทำให้เกิดอิเล็กตรอนหลุดออกเป็นจำนวนมากวิ่งตรงไปยังขั้วไฟฟ้าบวก เรียกกระบวนการนี้ว่าเกิด gas multiplication หรือ

electron avalanche



รูปที่ 5 แสดงแผนภาพของเครื่องนับไกเกอร์

กระบวนการนี้เกิดขึ้นรวดเร็วมากโดยมีอิเล็กตรอนตัวแรกเป็นตัวกระตุ้น ดังนั้นจึงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน R เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้าขึ้นที่ R สัญญาณนี้จะถูกส่งต่อไปยังเครื่องขยายและเครื่องนับตั้งรูปที่ 5

### 3.1.3 เครื่องซินทิลเลชันเคาน์เตอร์

การทำงานและส่วนประกอบของเครื่องมือชนิดนี้คล้ายกับแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ แต่ตัวซินทิลเลชันเปลี่ยนเป็น ZnS โดยฉาบไว้บาง ๆ บนแผ่นสารที่มีคุณสมบัติโปร่งแสงและเครื่องมือที่ใช้นี้ไม่มีส่วนที่เรียกว่าคริสทาลิเนเตอร์หรือเครื่องเลือกความสูงของสัญญาณ เครื่องมือชนิดนี้จะวัดเฉพาะรังสีอัลฟาเพียงอย่างเดียว

### 3.1.4 สารตัวอย่างและสารมาตรฐานที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์

สารมาตรฐานที่ใช้คือ  $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$  บริสุทธิ์ 100% สกัดออกมาแล้วนานถึง 60 ปีจึงถือว่าอยู่ในสภาวะสมดุลแล้ว หนัก 1.3124 กรัม บรรจุอยู่ในขวดโพลีเอทิลีน (Polyethelene) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. ใส่ขอรูเข็มในตรงกลางประมาณ 1 ซม. สารตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์หาขอรูเข็มโคบอลต์คือแร่โมนาไซต์ที่มีเลขรหัส C5-Mo, C8-Mo, CT-Mo, EN-Mo และ M-13 และสารประกอบอื่น ๆ ของขอรูเข็มเลขรหัส P-1, P-2 และ EN-Th ในการทดลองใส่สารตัวอย่างในหลอดแก้วทดลองซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. ให้สารในหลอดสูงเท่า ๆ กันกับสารมาตรฐาน ในการวิเคราะห์โดยการวัดรังสีอัลฟาและใช้เครื่องนับไกเกอร์ ใส่สารตัวอย่างในถ้วยโลหะที่มีขนาดสูงประมาณ 1 ซม. และเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 ซม.

## 3.2 การหาปริมาณขอรูเข็มโคบอลต์โดยใช้แกมมาสเปกโตรมิเตอร์

ในการวัดรังสีห้วงที่ใช่เป็นชนิดมีหลุม

### 3.2.1 หาปริมาณขอรูเข็มโคบอลต์ในแร่โมนาไซต์

เนื่องจากแร่โมนาไซต์ประกอบด้วยสารพวก rare earth ยูเรเนียมและขอรูเข็ม โดยที่ตัวยูเรเนียมและขอรูเข็มเป็นสารที่ไร้รังสีทั้งคู่ ดังนั้นในการหาปริมาณขอรูเข็มในแร่โมนาไซต์ จะมีความยุ่งยากเนื่องจากการรบกวนของยูเรเนียม โดยการเปลี่ยนค่าคัม

ของคิสคริมิเนเตอร์ไปเรื่อยๆ จำนวนนับของยูเรเนียมจะลดลงเร็วกว่าของธอเรียมและ  
 โมนาไซต์ ดังรูปที่ 6 และเมื่อเทียบอัตราส่วนของจำนวนนับของธอเรียมกับโมนาไซต์ที่แต่ละ  
 ศักย์ของคิสคริมิเนเตอร์ จะพบว่าที่ศักย์ต่ำกว่า 34 โวลต์อัตราส่วนจะไม่คงที่เนื่องจากการ  
 ผนวกรวมของยูเรเนียม ดังรูปที่ 7 ดังนั้นในการวิเคราะห์เพื่อที่จะคัดการผนวกรวมของยูเรเนียม  
 จะต้องทำที่ศักย์สูงกว่า 34 โวลต์ขึ้นไป

แต่ก็สามารถหาปริมาณของธอเรียมไดออกไซด์ในบริเวณที่มียูเรเนียมผนวกรวมได้ โดย  
 ใช้ยูเรเนียมและธอเรียมทำให้ทราบค่า

$$\frac{Th'_A}{Th'_B} ; \frac{U'_A}{U'_B} \quad (3-1)$$

004573

เมื่อ  $Th'_A$  และ  $Th'_B$  = จำนวนนับสุทธิของธอเรียมมาตรฐานที่ศักย์ A และ B  
 $U'_A$  และ  $U'_B$  = จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียมที่ศักย์ A และ B

อัตราส่วนของจำนวนนับของสารบริสุทธิ์ชนิดเดียวกันที่ศักย์ของคิสคริมิเนเตอร์สองตำแหน่ง  
 จะมีค่าคงที่ และในการวัดโมนาไซต์จำนวนนับที่ได้เป็นจำนวนนับของธอเรียมและยูเรเนียมรวมกัน

$$\begin{aligned} N_A &= Th_A + U_A \\ N_B &= Th_B + U_B \end{aligned} \quad (3-2)$$

เมื่อ  $N_A$  และ  $N_B$  = จำนวนนับสุทธิของโมนาไซต์ที่ศักย์ A และ B  
 $Th_A$  และ  $Th_B$  = จำนวนนับสุทธิของธอเรียมในโมนาไซต์ที่ศักย์ A และ B  
 $U_A$  และ  $U_B$  = จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียมในโมนาไซต์ที่ศักย์ A และ B

$$\frac{Th'_A}{Th'_B} = \frac{Th_A}{Th_B} ; \frac{U'_A}{U'_B} = \frac{U_A}{U_B} \quad (3-3)$$

จาก(3-2) และ(3-3) ทำให้ได้จำนวนนับที่เกิดจากธอเรียมอย่างเดียวที่ศักย์ A และ B คือ

$$Th_A = \frac{N_B - \left(\frac{U'_B}{U'_A}\right) N_A}{\left(\frac{Th'_B}{Th'_A} - \frac{U'_B}{U'_A}\right)} \quad (3-4)$$

$$Th_B = \frac{N_B \left( \frac{U'_A}{U'_B} \right) - N_A}{\left( \frac{U'_A}{U'_B} - \frac{Th'_A}{Th'_B} \right)} \quad (3-5)$$

### 3.2.2 การหาขอริยมโคออกไซค์ในสารประกอบอื่นๆของขอริยม

เนื่องจากสารตัวอย่างที่ใช้เป็นขอริยมที่ผ่านการสกัดทางเคมีแล้วและอยู่ในรูปของสารประกอบอื่นๆ ดังนั้นจำนวนนับที่ได้จึงเป็นขอริยมอย่างเดียว ในการวัดใช้ศักย์ต่างๆกันตั้งแต่ 10-32 โวลต์ ขอริยมที่ได้จากการแยกมาใหม่ๆก็มีมันตกภาพจะเปลี่ยนแปลงเสมอคงรูปที่ 2 หน้า 10 และรูปที่ 3 หน้า 11 ดังนั้นในการวิเคราะห์จะต้องทราบว่าสารตัวอย่างที่วัดนั้นแยกออกมาเมื่อใด เพื่อที่จะได้ทราบว่าก็มีมันตกภาพของขอริยมในขณะทำการวัดเป็นเท่าไรของก็มีมันตกภาพในสภาวะสมดุลย์ คำนี้จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อแก้ไขได้ปริมาณขอริยมโคออกไซค์ที่ถูกต้อง

### 3.3 การหาปริมาณขอริยมโคออกไซค์ในโมนาไซท์โดยใช้เครื่องนับไกเกอร์

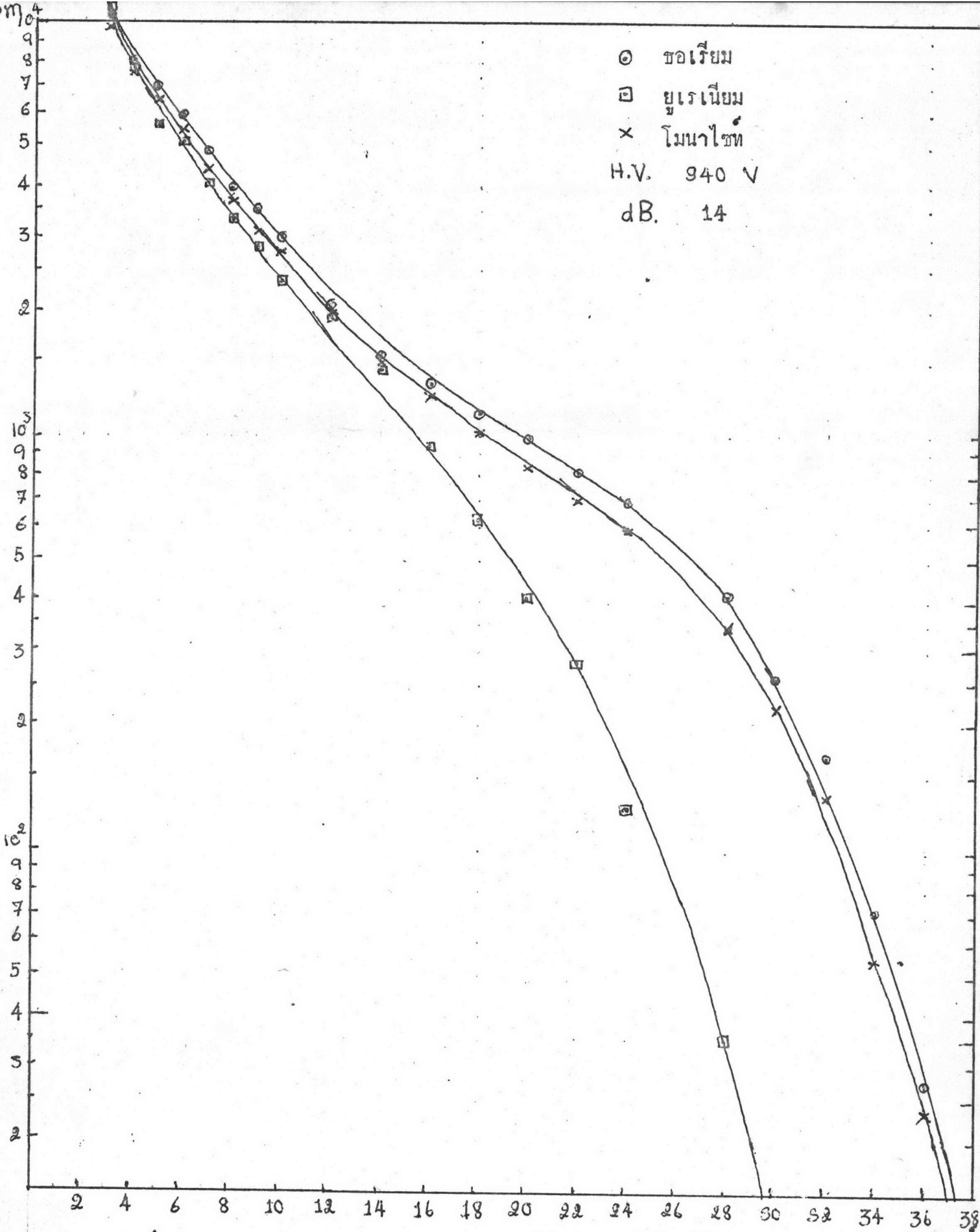
ในการสลายตัวของสารก็มีมันตรังสีกลายเป็นสารอื่นนั้นจะต้องมีการปลดปล่อยรังสีอัลฟาหรือเบตา ดังนั้นในการสลายตัวของสารในอนุกรมขอริยมจึงให้อนุภาคอัลฟาและเบตาออกมาหลายตัว ทำให้สามารถหาปริมาณขอริยมโคออกไซค์ในโมนาไซท์ได้โดยการวัดอนุภาคอัลฟาและเบตา

เครื่องนับไกเกอร์สามารถวัดได้ทั้งรังสีเบตาและแกมมา แต่ประสิทธิภาพในการวัดรังสีเบตาสูงกว่า ดังนั้นจำนวนนับที่ได้ส่วนใหญ่จะเนื่องจากรังสีเบตา เนื่องจากว่าปริมาณของยูเรเนียมที่ปนอยู่ในโมนาไซท์มีค่าไม่สูงนัก การรบกวนของยูเรเนียมจึงน้อยจนไม่ต้องคำนึงถึง และถ้าใช้ตัวกันรังสีคืออะลูมิเนียมที่มีความหนาต่างๆกันมากขึ้นจะทำให้จำนวนนับของรังสีเบตาลดลงจนกระทั่งเหลือเฉพาะของแกมมาอย่างเดียว เครื่องนับไกเกอร์ใช้วัดรังสีแกมมาที่มีพลังงานสูงได้คือ รังสีแกมมาของอนุกรมขอริยมมีพลังงาน 2.61 Mev ซึ่งสูงกว่าของยูเรเนียมซึ่งมีค่า 1.76 Mev และปริมาณยูเรเนียมที่ปนอยู่ในโมนาไซท์มีน้อยการรบกวนของยูเรเนียมจึงน้อย

ในการวิเคราะห์ที่ได้ใส่สารตัวอย่างในถ้วยโลหะให้เต็มโดยที่ไม่ต้องชั่งน้ำหนัก แล้วใส่เข้าไปในช่องใส่สารทรงหัววัดและไม่มีตัวกันรังสีมากนัก เสร็จแล้วทดลองใช้ตัวกันรังสีมากขึ้น โดยเปลี่ยนความหนาไปเรื่อยๆ เพื่อกันรังสีเบตาพลังงานต่ำ เนื่องจากไม่มีแรมโมนาไซต์มาตรฐานประกอบการวิเคราะห์ จึงต้องเลือกแรมโมนาไซต์เลขรหัส CS-40 ซึ่งปริมาณขอเตรียมไดออกไซด์ได้จากการวิเคราะห์ที่ศึกษามากๆ

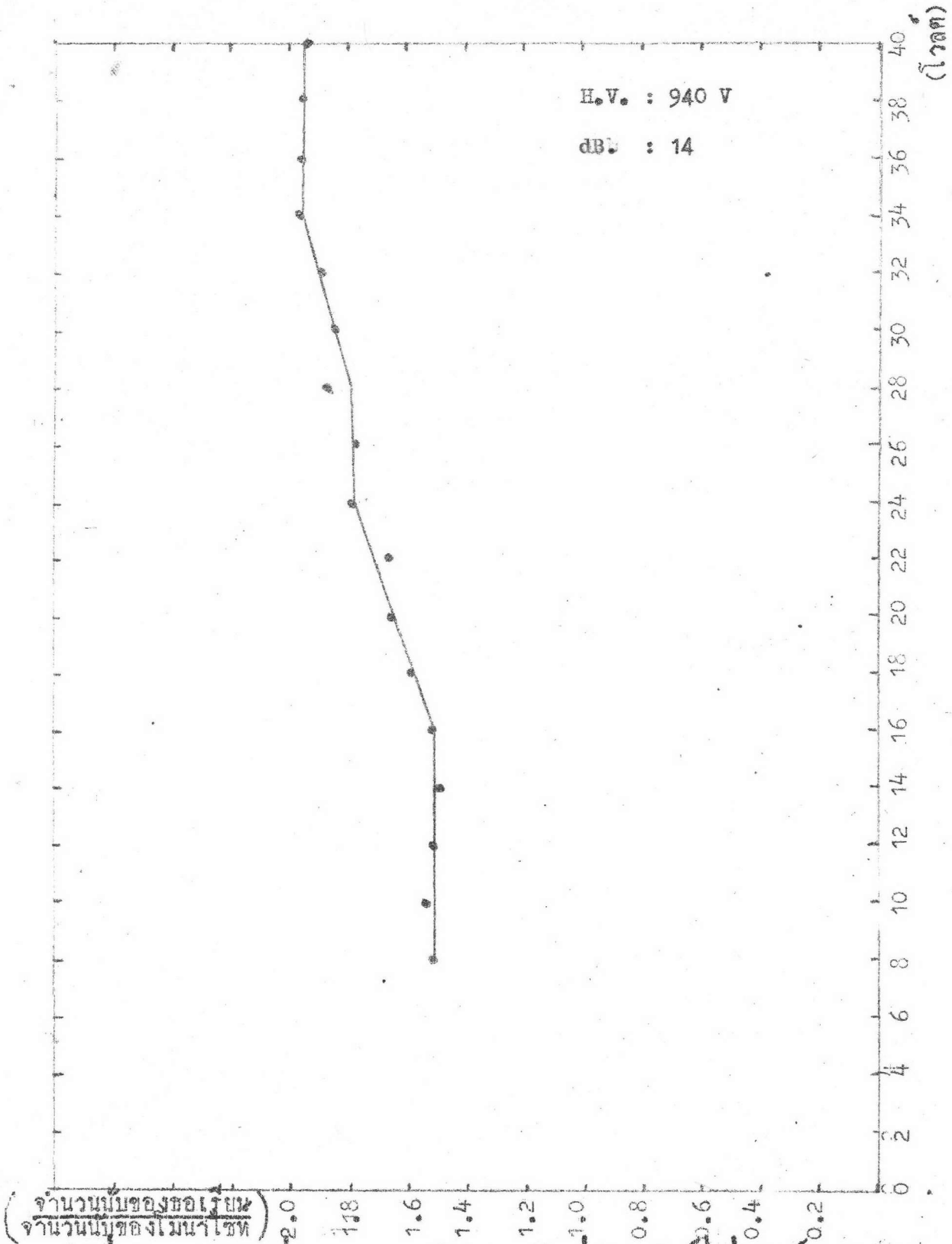
#### 3.4 การหาขอเตรียมไดออกไซด์ในโมนาไซต์โดยการวัดรังสีอัลฟา

วิธีดำเนินการวิเคราะห์ใช้หลักการเดียวกันกับหัวข้อ 3.3 แต่เครื่องมือที่ใช้จะวัดเฉพาะรังสีอัลฟาอย่างเดียว



รูปที่ ๖ แสดงจำนวนนับของทอเรียม ยูเรเนียม และโมนาไซต์ ที่ตั้งกึ่งกลางกัน

โวลต์



รูปที่ 7 แสดงอัตราส่วนของจำนวนรอบของขอเรย์นต่อโวลต์ในแต่ละคิกของคิสคริมิเนเตอร์