

บทที่ 5

การทดลอง



### 5.1 ต้นกำเนิดรังสี

ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ในการทดลองเพื่อเทียบปรับหัววัดมีทั้งต้นกำเนิดรังสีเบตา แกมมา และคอนเวอชันอีเลคตรอน ดังในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1<sup>(26)</sup>

ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ในการทดลองเพื่อเทียบปรับหัววัด

ต้นกำเนิดรังสี	พลังงานรังสีแกมมา (MeV)	พลังงานรังสีเบตา (MeV)	พลังงานคอนเวอชันอีเลคตรอน (MeV)
Na <sup>22</sup>	0.511 1.275	-	-
Na <sup>24</sup>	1.369 2.754	-	-
Al <sup>28</sup>	1.780	2.850	-
P <sup>32</sup>	-	1.710	-
Cl <sup>36</sup>	1.600 2.170	4.910	-
K <sup>42</sup>	-	3.520	-
V <sup>52</sup>	1.434	2.470	-

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

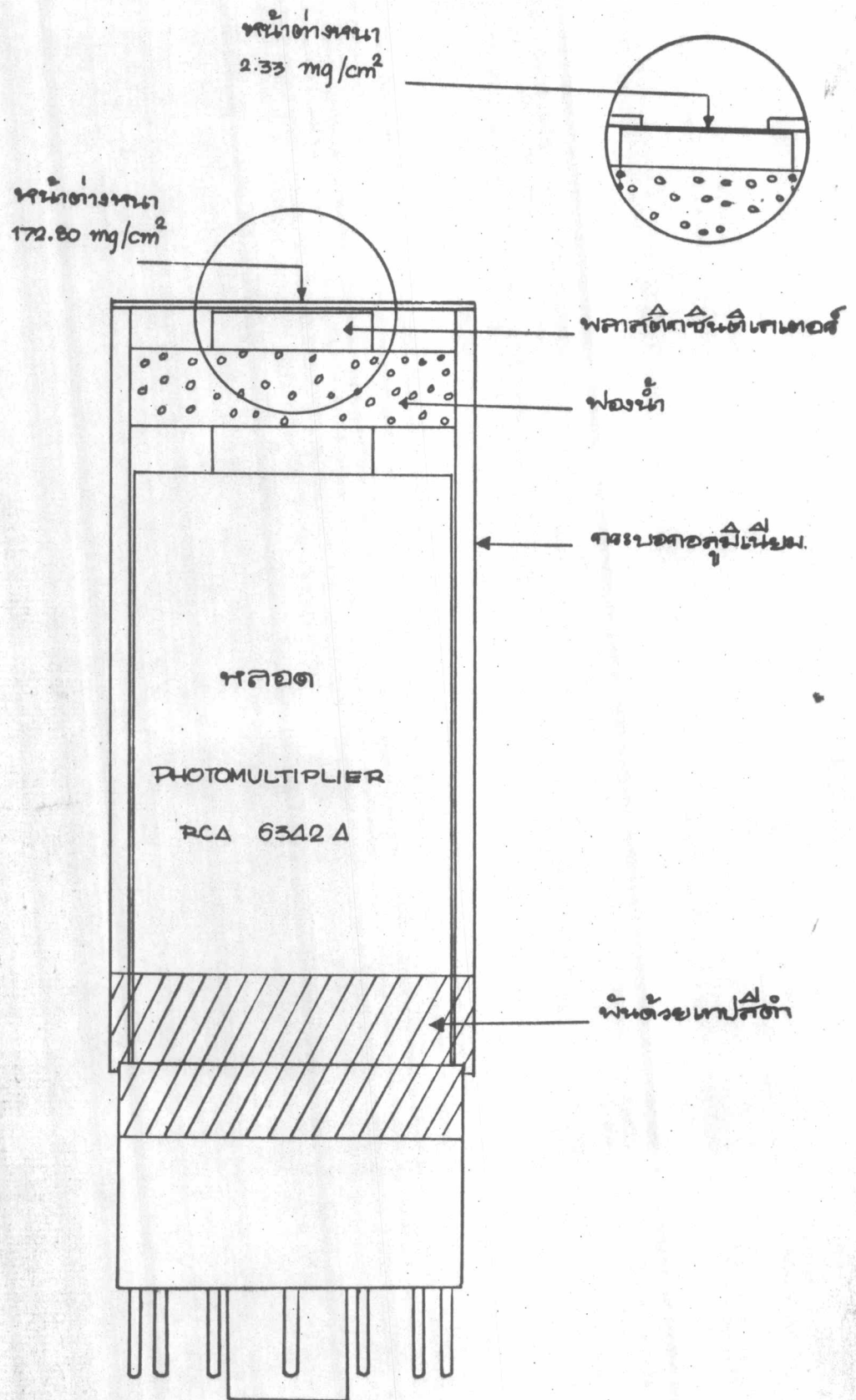
ต้นกำเนิดรังสี	พลังงาน รังสีแกมมา (MeV)	พลังงาน รังสีเบตา (MeV)	พลังงาน คอนเวอชันอิเล็กตรอน (MeV)
$Mn^{56}$	0.847		
	1.811	2.850	-
	2.110		
$Co^{60}$	1.173	-	-
$Y^{90}$	-	2.280	-
$In^{116m}$	2.111	-	-
$Cs^{137}$	0.662	-	0.624
$Bi^{207}$	0.570	-	0.482
	1.063	-	0.975
	1.771		

### 5.2 หัววัดรังสี

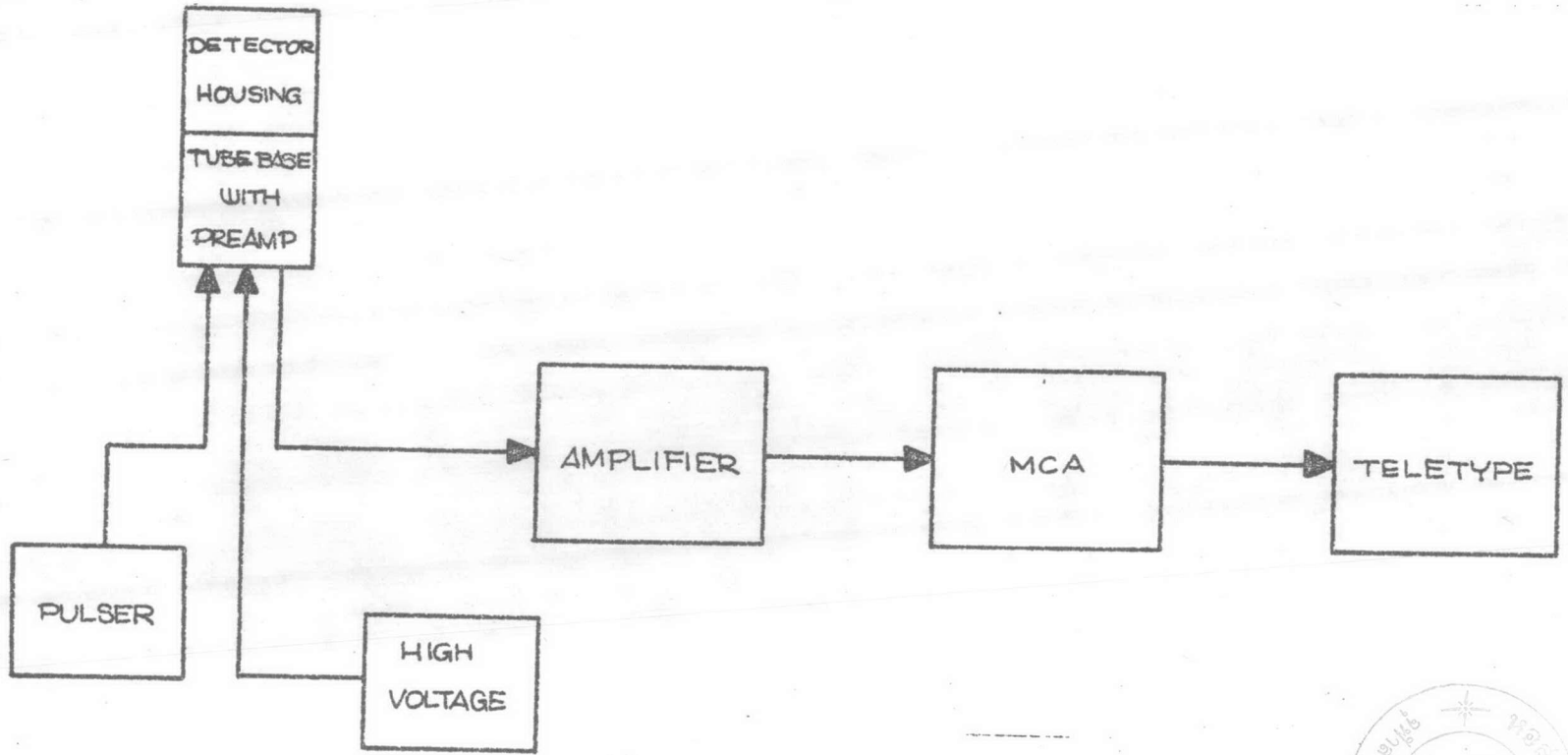
หัววัดรังสีประกอบด้วยพลาสติกซินติเลเตอร์ของ ORTEC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว และหนา 1 นิ้ว นำมาประกอบกับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ RCA 6342 A แล้วใส่ในกระบอกอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.25 นิ้ว ยาว 4.75 นิ้ว แล้วใช้หน้าต่าง 2 ขนาด คือ 172.80 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร และ 2.33 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบผลต่าง เนื่องจากความหนาของหัววัด หัววัดรังสีที่ประกอบขึ้นมาแสดงได้ดังรูป 5.1

### 5.3 ระบบที่ใช้วัด

ในการใช้หัววัดที่ประกอบขึ้นวัดสเปกตรัมของรังสีเบตา, คอนเวอชันอิเล็กตรอน และคอมพ์ตันรีคอยล์อิเล็กตรอนนั้นจะต้องนำหัววัดมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ดังต่อไปนี้



รูป 5.1 ภาพแสดงการประกอบหัววัด เพื่อใช้ประกอบเป็นพลาสติกดีบุก-สเปคโตรมิเตอร์



รูป 5.2 แผนภาพแสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อประกอบเป็น  
สเปคโตรมิเตอร์



5.3.1 Photomultiplier tube base with preamplifier ORTEC 276

5.3.2 High voltage ORTEC 456

5.3.3 Pulser CANBERRA 807

5.3.4 Amplifier and SCA ORTEC 490 A โดยนำเฉพาะส่วน amplifier

มาใช้

5.3.5 MCA CANBERRA 8100/e

5.3.6 เครื่องพิมพ์ผล Teletype 3320 3WE

การนำอุปกรณ์ทั้ง 6 รายการนี้มาต่อกันเพื่อใช้เป็นระบบวัด แสดงได้ตั้งแผนภาพในรูปที่

5.2

#### 5.4 การทดสอบลิเนียร์ตีของระบบด้วย pulser

การทดสอบทำได้โดยให้สัญญาณจาก attenuate out put ของ pulser เข้าที่ test input ของ preamplifier ค่อย ๆ เพิ่มขนาดของสัญญาณ อ่านหมายเลขช่องที่สะสมจำนวนพัลส์จาก pulser หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัญญาณที่เข้า input ของ preamplifier กับหมายเลขช่องของ MCA จาก

$$\hat{V} = a + bC \quad (41) \quad (5.1)$$

เมื่อ  $\hat{V}$  = ขนาดของสัญญาณจาก pulser เป็นมิลลิโวลต์

b = ความชันของเส้นกราฟ

$$= \frac{n \sum_{i=1}^n V_i C_i - \left( \sum_{i=1}^n C_i \right) \left( \sum_{i=1}^n V_i \right)}{n \sum_{i=1}^n C_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n C_i \right)^2} \quad (41) \quad (5.2)$$

n = จำนวนข้อมูลที่ใช้

$$\begin{aligned} a &= \text{ค่า intercept} \\ &= \bar{V} - b\bar{C} \end{aligned} \quad (5.3)$$

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \quad (5.4)$$

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \quad (5.5)$$

ค่า sample correlation coefficient หาได้จาก

$$r = \pm \sqrt{r^2} \quad (5.6)$$

โดยที่

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V})^2}{\sum_{i=1}^n V_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n V_i)^2}{n}} \quad (41) \quad (5.7)$$

5.5 การใช้พลาสมาสเปกโตรมิเตอร์ที่ประกอบขึ้นด้วยเวกเตอร์ของอนุภาคเบตา, คอนเวกชันอิเล็กตรอน และคอมพัตริคอยล์อิเล็กตรอน

#### 5.5.1 การวัดสเปกตรัมของอนุภาคเบตา

##### 5.5.1.1 สเปกตรัมของอนุภาคเบตาบริสุทธิ์

สเปกตรัมของอนุภาคเบตาในกลุ่มนี้สามารถวัดได้โดยตรง และในการวัดจะต้องหักแบคกราวด์ออกไป

##### 5.5.1.2 สเปกตรัมของอนุภาคเบตาจากต้นกำเนิดรังสีที่ให้รังสีเบตาและแกมมา

สเปกตรัมของอนุภาคเบตาในกลุ่มนี้วัดได้โดยใช้แผ่นดูดกลืนรังสีที่มีความหนาพอที่จะกั้นอนุภาคเบตาได้หมด แล้ววัดแกมมาแบคกราวด์ไปหักออกจากผลรวม แต่ผลที่ได้จะเป็น

เพียงค่าโดยประมาณเนื่องจากรังสีแกมมาเมื่อผ่านแผ่นดูดกลืนรังสีแล้วจะเกิดเบรรมสตราลิ่ง และเกิดการกระเจิง (scattering) แผ่นดูดกลืนรังสีเบตาที่ใช้ควรเป็นธาตุที่มีค่าเลขอะตอมน้อย ๆ เพื่อให้เกิดเบรรมสตราลิ่งน้อยที่สุด ได้แก่ แผ่นอลูมิเนียม, เบอริลเลียม, คาร์บอน, โพลีเอทิลีน หรือ ลูโซท์ เป็นต้น แต่ในการทดลองครั้งนี้ใช้แผ่นอลูมิเนียมและลูโซท์

### 5.5.2 การวัดคอนเวอชันอีเลคตรอนไลน์

ต้นกำเนิดรังสีที่ให้ออนเวอชันอีเลคตรอนจะให้รังสีแกมมาออกมาด้วย ดังนั้นในการวัดคอนเวอชันอีเลคตรอนไลน์จึงทำได้ด้วยวิธีการเดียวกับข้อ 5.5.1.2

### 5.5.3 การวัดสเปกตรัมของคอมพัตตันรีคอยล์อีเลคตรอน

ต้นกำเนิดรังสีที่ให้ออนเวอชันอีเลคตรอนจะให้อนุภาค  $\beta^-$ , อนุภาค  $\beta^+$  หรือคอนเวอชันอีเลคตรอน ออกมาด้วย ดังนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคเหล่านี้ไปปนกับสเปกตรัมของรีคอยล์อีเลคตรอน จะต้องนำแผ่นดูดกลืนรังสีมาทาบอนุภาคเหล่านี้เสียก่อน

## 5.6 การหาความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องกับพลังงานของรังสี

### 5.6.1 จากต้นกำเนิดรังสีเบตา

การหาพลังงานที่จุดตัดของอนุภาคเบตาทำได้โดยการใช้วิธี Fermi-Kurie

plot โดยเขียนกราฟระหว่าง  $\frac{1}{W} \sqrt{\frac{N}{G(Z, W)}}$  กับ  $W$  เส้นกราฟจะไปตัดแกน  $W$  ที่  $W_0$

ซึ่งเป็นพลังงานสูงสุดของอนุภาคเบตาในกลุ่มนั้น ค่า  $G(Z, W)$  สำหรับ  $Al^{28}$ ,  $P^{32}$ ,  $Cl^{38}$ ,  $K^{42}$ ,  $V^{52}$ ,  $Mn^{56}$  และ  $Y^{90}$  ซึ่งมีพลังงานสูงจะมีค่าเกือบคงที่<sup>(12)</sup> ในตอนช่วงท้ายของสเปกตรัม

ดังนั้น  $G(Z, W) \approx$  ค่าคงที่

และ  $W \sim$  หมายเลขช่อง<sup>(3)(40)</sup> (C)

จากการเขียนกราฟระหว่าง  $\sqrt{N}/C$  กับ  $C$  เส้นกราฟจะไปตัดแกน  $C$  ที่  $C_0$  ซึ่งเป็นหมายเลขช่องที่ตรงกับพลังงานสูงสุดของอนุภาคเบตาในกลุ่มนั้น ดังนั้น ด้วยวิธีการนี้จึงสามารถทำให้หาความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องกับพลังงานที่จุดตัดของสเปกตรัมได้



### 5.6.2 จากต้นกำเนิดคอนเวอชันอีเลคตรอน

เนื่องจากคอนเวอชันอีเลคตรอนเป็นอีเลคตรอนที่มีพลังงานเพียงค่าเดียว เมื่อวัดคอนเวอชันอีเลคตรอนไลน์ตามวิธีการในข้อ 5.5.2 แล้วจะได้พีคของคอนเวอชันอีเลคตรอนไลน์ และสามารถอ่านตำแหน่งของยอดพีคได้จาก MCA โดยตรง

### 5.6.3 จากต้นกำเนิดรังสีแกมมา

จากสมการที่ 3.17 และ 3.18 เมื่อเขียนกราฟระหว่าง  $\sigma(T)$  กับพลังงานของรีคอยล์อีเลคตรอน  $T$  จะได้ดังรูป 3.6 นั่นคือที่พลังงานของรังสีแกมมาค่าหนึ่ง ๆ จะทำให้เกิดรีคอยล์อีเลคตรอนที่มีพลังงานเท่ากับ Compton edge energy มากที่สุด ตำแหน่งพีคที่ได้จากการวัดจะตรงกับตำแหน่ง Compton edge energy<sup>(1)</sup> การอ่านตำแหน่งของพีคจะอ่านได้โดยตรงจาก MCA เช่นเดียวกัน

## 5.7 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการวัด

เนื่องจาก แครมเมอร์<sup>(3)</sup> และ ฮอฟกินส์<sup>(40)</sup> ได้ทดลองใช้หัววัดพลาสติกขนาด 3 นิ้ว และหัววัดแอนทราซีนวัดสเปกตรัมของรังสีเบตา คอนเวอชันอีเลคตรอนไลน์ และคอมพัตันรีคอยล์อีเลคตรอน พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีกับความสูงของพีคส์จะเป็นแบบเส้นตรง ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีกับหมายเลขช่องจึงหาได้จากสมการ

$$\hat{E} = a + bC \quad (41) \quad (5.8)$$

- เมื่อ  $\hat{E}$  = พลังงานจากการคาดคะเน  
 $b$  = ความชันของเส้นกราฟ  
 $a$  = จุดที่กราฟตัดแกน  $E$   
 $C$  = หมายเลขช่องที่อ่านได้จาก MCA



$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n E_i C_i - (\sum_{i=1}^n C_i)(\sum_{i=1}^n E_i)}{n \sum_{i=1}^n C_i^2 - (\sum_{i=1}^n C_i)^2} \quad (41) \quad (5.10)$$

$$a = \bar{E} - b\bar{C}$$

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

Sample correlation coefficient

$$r = \pm \sqrt{r^2} \quad (5.11)$$

โดยที่

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \hat{E})^2}{\sum_{i=1}^n E_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n E_i)^2}{n}} \quad (41) \quad (5.12)$$

### 5.8 การหาค่ารีโซลูชันของหัววัด

การหาค่ารีโซลูชันของหัววัดหาได้จากคอนเวอชันอิเล็กทรอนิกส์ โดยหาจากสมการ

$$\% \text{ รีโซลูชัน} = \frac{\text{FWHM}}{E} \times 100 \quad (42) \quad (5.13)$$

เมื่อ FWHM = ความกว้างของพีดตรงตำแหน่งที่มีจำนวนนับเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนนับสูงสุด

E = พลังงานของคอนเวอชันอิเล็กทรอนิกส์

### 5.9 การวัดสเปกตรัมของอนุภาคเบตาจากสารตัวอย่าง

เมื่อเทียบปรับหัววัดเรียบร้อยแล้ววัดสเปกตรัมของอนุภาคเบตาจากต้นกำเนิดรังสีดังแสดงในตาราง 5.2 แล้วหาพลังงานที่จุดตัด (end point energy) โดยใช้วิธี Fermi-Kurie plot

ตารางที่ 5.2<sup>(26)</sup>

ต้นกำเนิดรังสีเบตาที่นำมาใช้เป็นสารตัวอย่าง

ต้นกำเนิดรังสี	พลังงานสูงสุด MeV	ต้นกำเนิดรังสี	พลังงานสูงสุด MeV
Al <sup>28</sup>	2.850	V <sup>52</sup>	2.470
P <sup>32</sup>	1.710	Mn <sup>56</sup>	2.850
Cl <sup>36</sup>	0.712	Y <sup>90</sup>	2.280
Cl <sup>38</sup>	4.910	Tl <sup>204</sup>	0.765
K <sup>42</sup>	3.520		