หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การทดลอง และผล

1. การคำนวณหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียลโดยใช้สัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์

จากที่ได้กล่าวข้างต้นว่า ขนาดความสูงของสัญญาณพัลส์ที่ถูกวิเคราะห์จะเป็นสัดส่วนกับข้อมูลแอดเดรส หรือจำนวนช่อง ดังนั้นจึงใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ (pulse generator) ซึ่งให้สัญญาณมีขนาดความสูงที่กำหนดได้ มาทดลองหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียลของเครื่องวิเคราะห์ 1024 ช่อง

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ก. เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ (ORTEC 419 pulse generator)

ข. พรีแอมปลิไฟเออร์ (ORTEC 113 preamplifier)

ค. แอมปลิไฟเออร์ (CANBERRA 2010 spectroscopy amplifier)

ง. เครื่องวิเคราะห์ 1024 ช่อง

1.2 วิธีดำเนินการทดลอง นำอุปกรณ์ทั้ง 4 ภาคนี้มาต่อกันเป็นวงจร ดังแสดงในรูปที่ 1.1 สำหรับการทดลองนี้ได้แบ่งออกเป็น 4 ชุด เพื่อหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียลของแต่ละขนาดจำนวนช่องคือที่ 128, 256, 512 และ 1024 ช่อง ในแต่ละชุดของการทดลองนี้มีวิธีดำเนินการทดลองเหมือนกัน คือ

การทดลองชุดที่ 1 ปรับเครื่องวิเคราะห์ 1024 ช่อง โดยตั้ง Conversion Gain ที่ 128 ช่อง เพื่อเลือกขนาดจำนวนช่อง ตั้ง Zero ไปที่เลข 4 และ ตั้ง Fine Zero ไปที่เลข 1

ปรับชุดแอมปลิไฟเออร์ให้ได้พัลส์แบบเนกาทีฟ ยูนิโพลาร์ และมีขนาดความสูงของพัลส์เท่ากับ 0.2 โวลต์ ใช้เครื่องวิเคราะห์ 1024 ช่อง ทำการวิเคราะห์สัญญาณนี้โดยตั้งเวลาไว้ 10 นาที แล้วบันทึกข้อมูลไว้ จากนั้นเพิ่มขนาดความสูงของพัลส์ขึ้นอีก 0.2 โวลต์ จะได้พัลส์สูงเป็น 0.4 โวลต์ แล้ว ทำการวิเคราะห์และบันทึกข้อมูลไว้อีก ทำซ้ำ ๆ เช่นนี้โดยการเพิ่มขนาดความสูงของพัลส์ครั้งละ

0.2 โวลต์ จนได้ขนาดของพัลส์สูงถึง 8 โวลต์

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้ ซึ่งมีความสูงของพัลส์ (โวลต์) และจำนวนช่อง ไปเขียน - กราฟดังแสดงในรูปที่ 6.1 ก. ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องกับความสูงของพัลส์ ในการลากเส้นตรงให้ผ่านจุดต่าง ๆ มากที่สุดนั้นใช้การคำนวณหาด้วยวิธี กำลังสองน้อยที่สุด (least square method)

การทดลองชุดที่ 2 ตั้ง Conversion Gain ที่ 256 ช่อง ตั้ง Zero เท่ากับ 7 และตั้ง Fine Zero เท่ากับ 1 วิธีดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองชุดที่ 1 และได้ผลการทดลองแสดงด้วยกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 6.1 ข.

การทดลองชุด 3 ตั้ง Conversion Gain ที่ 512 ช่อง ตั้ง Zero เท่ากับ 7 และตั้ง Fine Zero เท่ากับ 3 ในทำนองเดียวกันได้ผลการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 6.2 ก.

การทดลองชุดที่ 4 ตั้ง Conversion Gain ที่ 1024 ช่อง ตั้ง Zero เท่ากับ 7 และตั้ง Fine Zero เท่ากับ 8 ในทำนองเดียวกันได้ผลการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 6.2 ข.

1.3 <u>วิธีการคำนวณ</u> การหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียล ได้จาก

$$D = \frac{\pm \Delta C \times 100}{G} \quad \% \qquad (6.1)$$

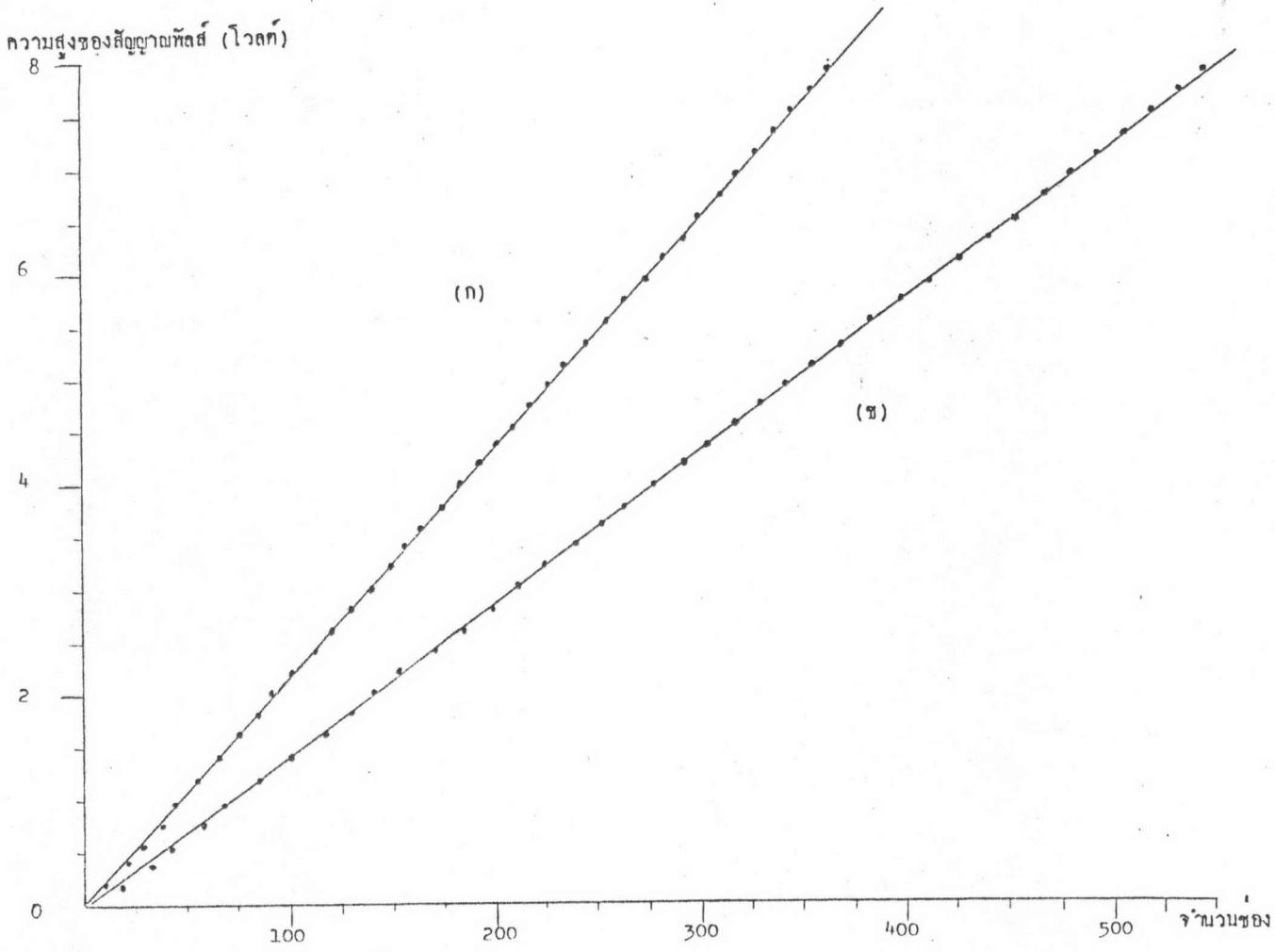
D คือ ค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอ เรนเชียล

ΔC คือ จำนวนช่องที่ตำแหน่งของจุดได้เบี่ยงเบนออกจากเส้นตรงไปมากที่สุด (หาได้จากกราฟ)

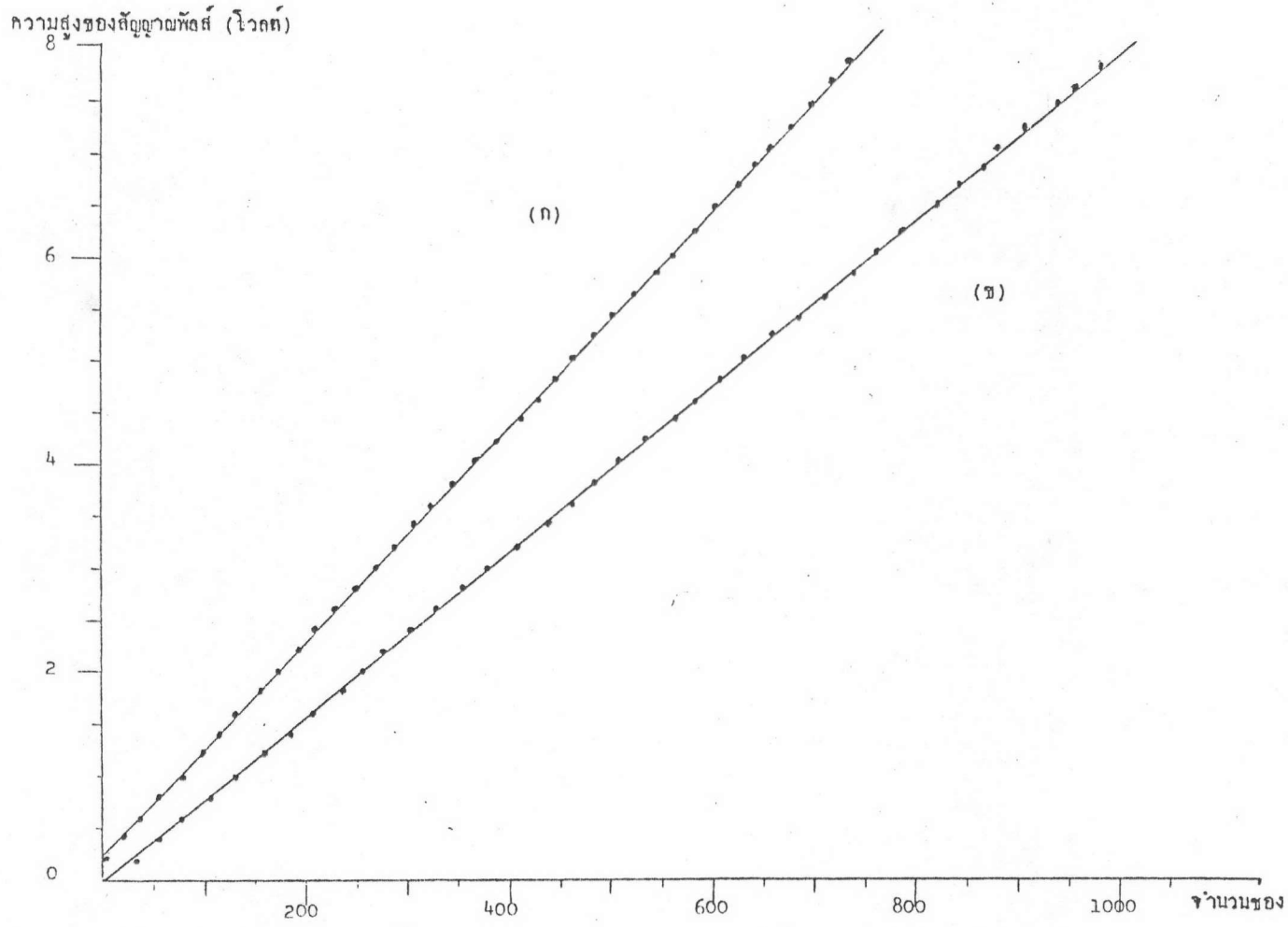
G คือ ขนาดจำนวนช่องที่ใช้

2. <u>การคำนวณหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียลโดยการวัดกัมมันตภาพรังสีแกมมา</u>

เนื่องจากพลังงานของรังสีที่ถูกดูดกลืนโดยหัววัดรังสีจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนช่อง ดังนั้นในการหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียลนี้จะใช้สารกัมมันตรังสีที่ทราบค่าพลังงานแน่นอนจากแหล่งกำเนิดรังสี เช่น ซีเซียม - 137 มียอดพลังงาน (peak energy) ที่ 0.662 MeV โคบอลท์-60



รูปที่ 6.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนช่อง กับ ความสูงของสัญญาณพัลส์ ที่จำนวนช่อง ขนาด (ก) 128 ช่อง (ข) 256 ช่อง



รูปที่ 6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนช่อง กับ ความสูงของสัญญาณพัลส์
ที่จำนวนช่อง ขนาด (ก) 512 ช่อง (ข) 1024 ช่อง

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการคำนวณค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียล ด้วยขนาดจำนวนช่อง ต่าง ๆ โดยใช้สัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์

ชุดการทดลอง	ขนาดจำนวนช่อง (ช่อง)	ΔC (ช่อง)	D (%)
1	128	3	± 2.34
2	256	5	± 1.95
3	512	7	± 1.3
4	1024	8	± 0.78

มียอดพลังงาน 2 ยอด คือ ที่ 1.173 MeV และที่ 1.332 MeV และโซเดียม -22 ซึ่งมียอดพลังงาน 2 ยอด คือที่ 0.511 MeV และที่ 1.274 MeV ดังนั้นนำสารมาตรฐานเหล่านี้มาวัดหาสเปรคตรัม แล้วคำนวณหาค่าตำแหน่งยอดพลังงาน (energy peak) ของสารกัมมันตรังสีแต่ละชนิด เพื่อนำไปเขียนกราฟเส้นตรงซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีแกมมากับจำนวนช่อง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากกราฟนี้ไปคำนวณหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้น แบบดิฟเฟอเรนเชียลต่อไป

2.1 <u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

ก. หัววัดโซเดียมไอโอไดด์ (ทาลเลียม) ขนาด 3" × 3"

ข. เครื่องจ่ายไฟตรงแรงสูง (ORTEC 456 high voltage power supply)

ค. พรีแอมปลิไฟเออร์ (ORTEC 113 preamplifier)

ง. แอมปลิไฟเออร์ (CANBERRA 2010 spectroscopy amplifier)

จ. เครื่องวิเคราะห์ 1024 ช่อง

2.2 <u>วิธีดำเนินการทดลอง</u> นำอุปกรณ์ทั้ง 5 ภาคนี้มาต่อกันเป็นวงจร ดังรูปที่ 1.1 ค่อย ๆ เพิ่มค่าแรงดันไฟตรงของเครื่องจ่ายไฟตรงแรงสูงจนถึง 900 โวลต์ สายที่เชื่อมต่อระหว่างชุดหัววัดกับพรี แอมปลิไฟเออร์ ควรให้สั้นที่สุด สัญญาณพัลส์ที่ได้จากแอมปลิไฟเออร์ ใช้แบบ เนกาทีฟ ยูนิโพลาร์

วิธีการวัด นำสารกัมมันตรังสี วางห่างจากหัววัดที่ระยะ 30 เซ็นติเมตร สำหรับหัววัดใช้แท่งตะกั่วหุ้มล้อมรอบเปิดเฉพาะส่วนของหน้าตัด ในการทดลองนี้ได้แบ่งออกเป็น 4 ชุด เพื่อหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียล ของแต่ละขนาดจำนวนช่อง คือ ที่ 128, 256, 512 และ 1024 ช่อง ในแต่ละชุดของการทดลองมีวิธีดำเนินการทดลองเหมือนกันเช่น

การทดลองชุดที่ 1 ตั้งเครื่องวิเคราะห์ 1024 ช่อง ที่ Conversion Gain แล้วเลือกขนาดจำนวนช่องที่ 128 ช่อง ปรับ Zero ไปที่ 4 และFine Zero ไปที่ 1

นำสารกัมมันตรังสี ซีเซียม - 137 มาวัดจะได้สเปคตรัม ดังแสดงในรูป 6.3 ก. เพื่อจะหาตำแหน่งยอดพลังงานต่อไป ให้สภาพทุกอย่างคงเดิม และทดลองในทำนองเดียวกัน คือวัดหาสเปคตรัมของสารกัมมันตรังสี โคบอลท์ - 60 และ โซเดียม -22 ซึ่งได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.3 และ 6.4 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 2 ตั้ง Conversion Gain ที่ 256 ช่อง ตั้ง Zero เท่ากับ 7 Fine Zero เท่ากับ 0 วิธีดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองชุดที่ 1 ได้สเปคตรัมของสารกัมมันตรังสี ซีเซียม -137 โคบอลท์ -60 และโซเดียม -22 ดังแสดงในรูปที่ 6.5 ก., 6.5 ข. และ 6.6 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 ตั้ง Conversion Gain ที่ 512 ช่อง ตั้ง Zero เท่ากับ 7 Fine Zero เท่ากับ 4 วิธีดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1 ได้สเปคตรัมของสารกัมมันตรังสี ซีเซียม - 137 โคบอลท์ -60 และโซเดียม -22 ดังแสดงในรูปที่ 6.7 ก., 6.7 ข. และ 6.8 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 4 ตั้ง Conversion Gain ที่ 1024 ช่อง ตั้ง Zero เท่ากับ 7 Fine Zero เท่ากับ 8 วิธีดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองชุดที่ 1 ได้สเปคตรัมของสารกัมมันตรังสี ซีเซียม - 137 โคบอลท์ -60 และโซเดียม -22 ดังแสดงในรูปที่ 6.9ก., 6.9ข. และ 6.10 ตามลำดับ

2.3 <u>การคำนวณหาตำแหน่งยอด</u> จากรูปร่างสเปคตรัม ซึ่งมียอดพลังงานอยู่ในลักษณะการกระจายแบบเกาส์เซียน (Gaussian distribution) สร้างสมการของสเปคตรัมได้คือ

$$Y = Y_o \, e^{-\alpha\left(\frac{X - X_o}{\Gamma}\right)^2} \qquad (6.2)$$

โดย Y_o คือ ความสูงของยอดพลังงาน

X_o คือ จุดกึ่งกลางของยอดพลังงาน

α เท่ากับ $4 \ln 2$

Γ คือช่วงกว้างของสัญญาณ ที่ตำแหน่งครึ่งหนึ่งของความสูงของยอดพลังงาน เพื่อสะดวกในการคำนวณ จึงแปลงสมการ (6.2) ให้อยู่ในรูปของสมการเส้นโค้ง จะได้

$$\ln Y(x) = a + bX + cX^2 \qquad (6.3)$$

เมื่อ

$$a = \ln Y_o - \frac{\alpha X_o^2}{\Gamma^2}$$

$$b = 2\alpha \frac{X_o}{\Gamma^2}$$

$$c = -\frac{\alpha}{\Gamma^2}$$

จากสมการ (6.3) นำไปใช้คำนวณหาค่าตำแหน่งยอดพลังงานของสารกัมมันตรังสีของ ซีเซียม -137 โคบอลท์ -60 และโซเดียม -22 ซึ่งได้ผลออกมาตามตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการคำนวณหาค่าตำแหน่งยอดพลังงานของสารกัมมันตรังสีของ ซีเซียม - 137 โคบอลท์ -60 และโซเดียม - 22 ด้วยขนาดจำนวนช่องต่าง ๆ กัน.

ขนาดจำนวนช่อง	ตำแหน่งยอดพลังงาน (ช่อง)				
	0.511 MeV	0.662 MeV	1.173 MeV	1.274 MeV	1.333 MeV
128	95	120	209	230	238
256	134	171	308	338	350
512	214	275	487	527	551
1024	348	455	808	873	915

2.4 วิธีคำนวณหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียล นำค่าตำแหน่งยอดของพลังงาน และค่าพลังงานรังสีแกมมา ไปเขียนกราฟ และในการลากเส้นตรงผ่านจุดต่าง ๆ ให้มากที่สุดนั้น ใช้การคำนวณหาด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จะได้กราฟเส้นตรงดังรูป 6.11 ก., 6.11 ข., 6.12ก. และ 6.12 ข. ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องกับพลังงานรังสีแกมมา ที่จำนวนช่องขนาด 128, 256, 512 และ 1024 ช่องตามลำดับ แล้วหาค่า ΔC หรือ จำนวนช่องที่ตำแหน่งจุดได้เบี่ยงเบนออกจากเส้นตรงมากที่สุด แล้วใช้สมการ (6.1) ในการคำนวณหาค่า D

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการคำนวณค่าความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียล ด้วยขนาดจำนวนช่องต่าง ๆ จากวิธีการวัดรังสีแกมมา

ชุดการทดลอง	ขนาดจำนวนช่อง	ΔC (ช่อง)	D (%)
1	128	2	± 1.56 %
2	256	5	± 1.95 %
3	512	8	± 1.56 %
4	1024	8	± 0.78 %

3. ความสามารถในการแยกสัญญาณ

ความสามารถในการแยกสัญญาณของหัววัดที่จะแยกพลังงานรังสีแกมมา ที่มีค่าพลังงานใกล้เคียงกันมากให้แยกออกจากกัน ค่าการแยกของพลังงานรังสีแกมมา (energy resolution) นี้หาได้จาก

$$R = \frac{\Delta E}{E} \times 100 \quad \% \qquad (6.4)$$

R คือ ความสามารถในการแยกยอดพลังงานรังสีแกมมา

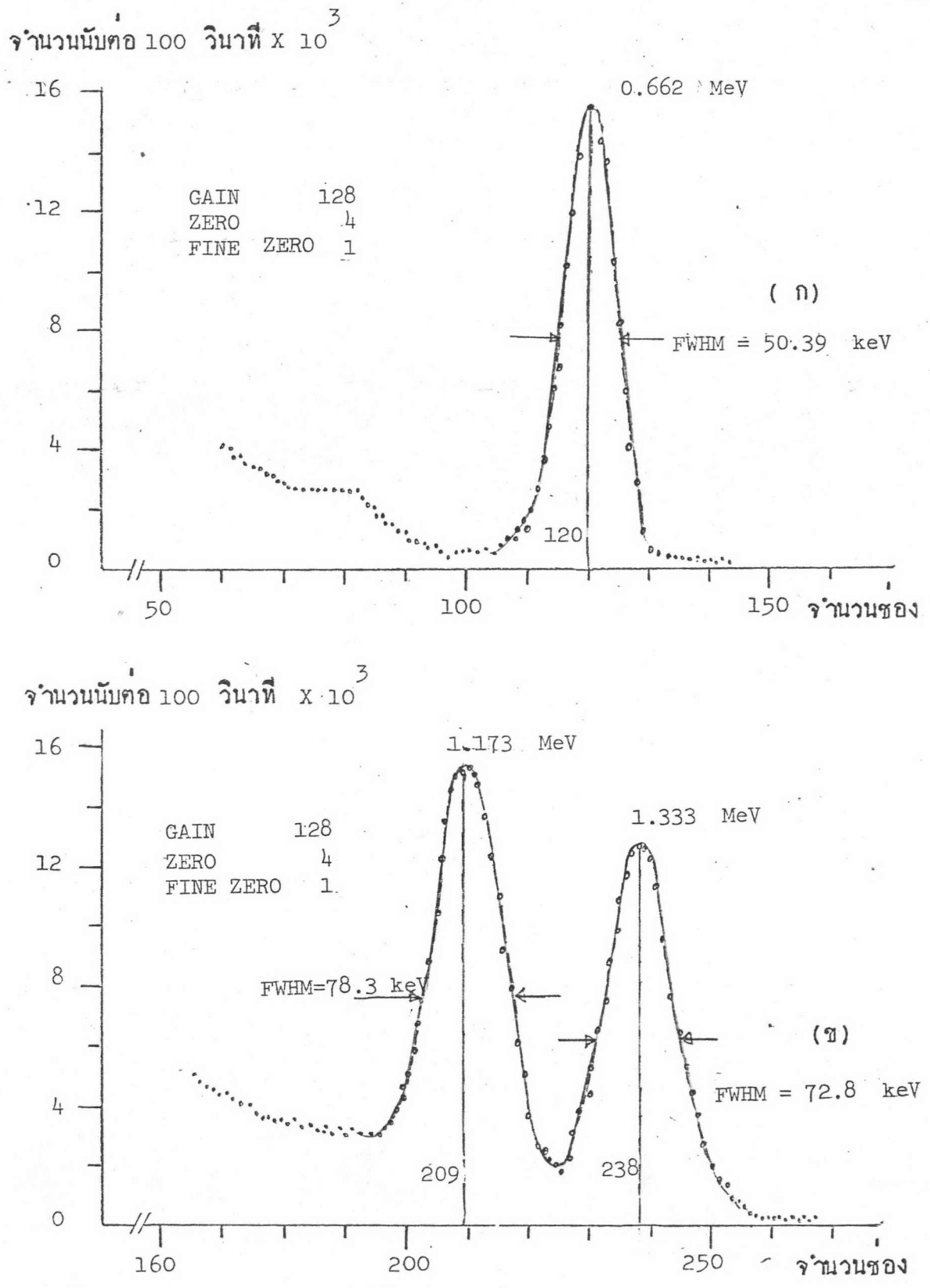
ΔE หรือ Full Width Half Maximum (FWHM) คือ ขนาดช่วงกว้างของสัญญาณที่ครึ่งหนึ่งของความสูงยอด

E คือ ตำแหน่งยอดพลังงาน

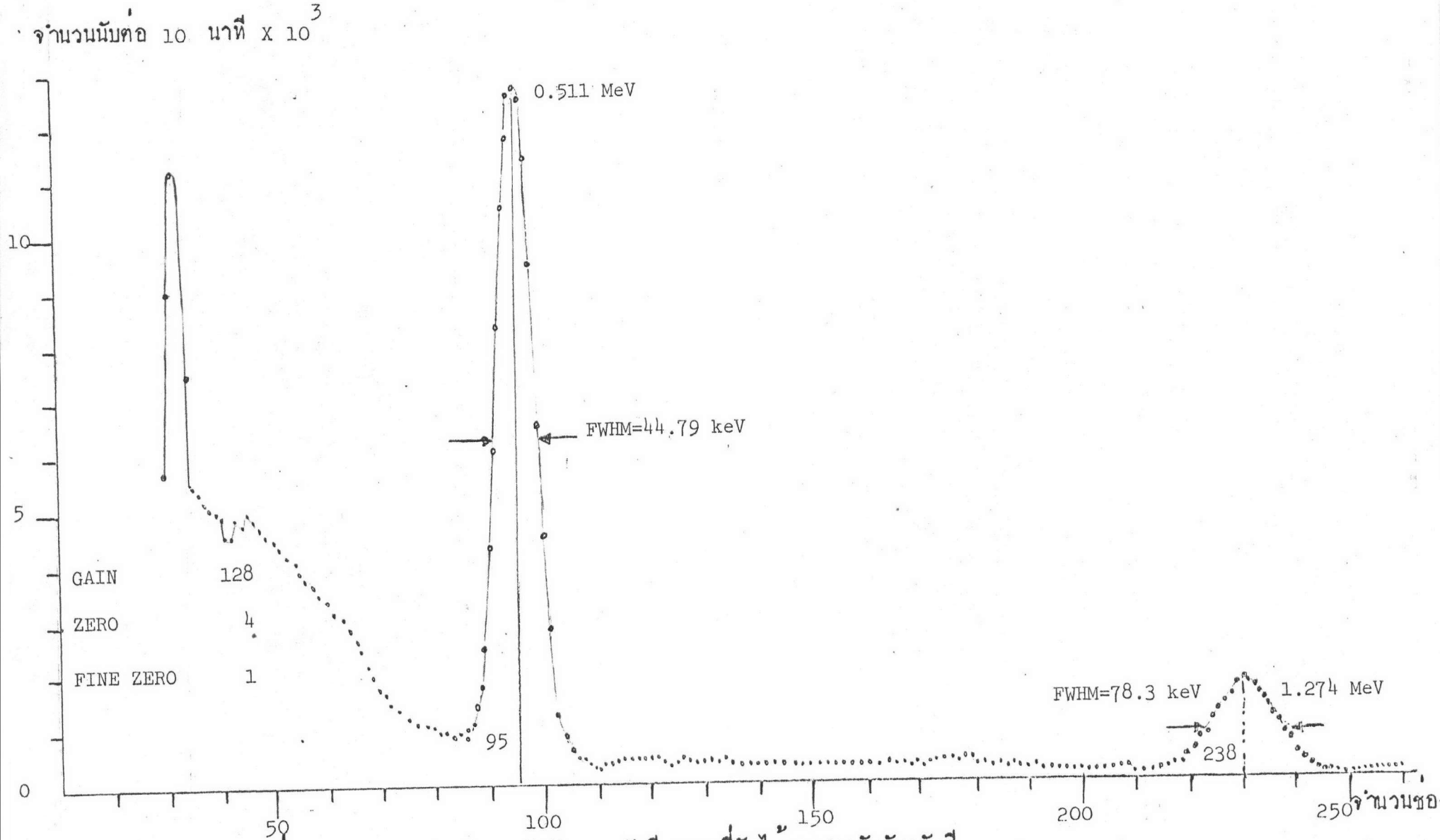
จากกราฟในรูปที่ 6.3 ถึง 6.10 สามารถคำนวณหาค่า R และ ΔE ดังแสดงในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 แสดงผลการคำนวณหาค่าการแยกของพลังงานรังสีแกมมา จากพลังงานของสาร กัมมันตรังสีต่าง ๆ

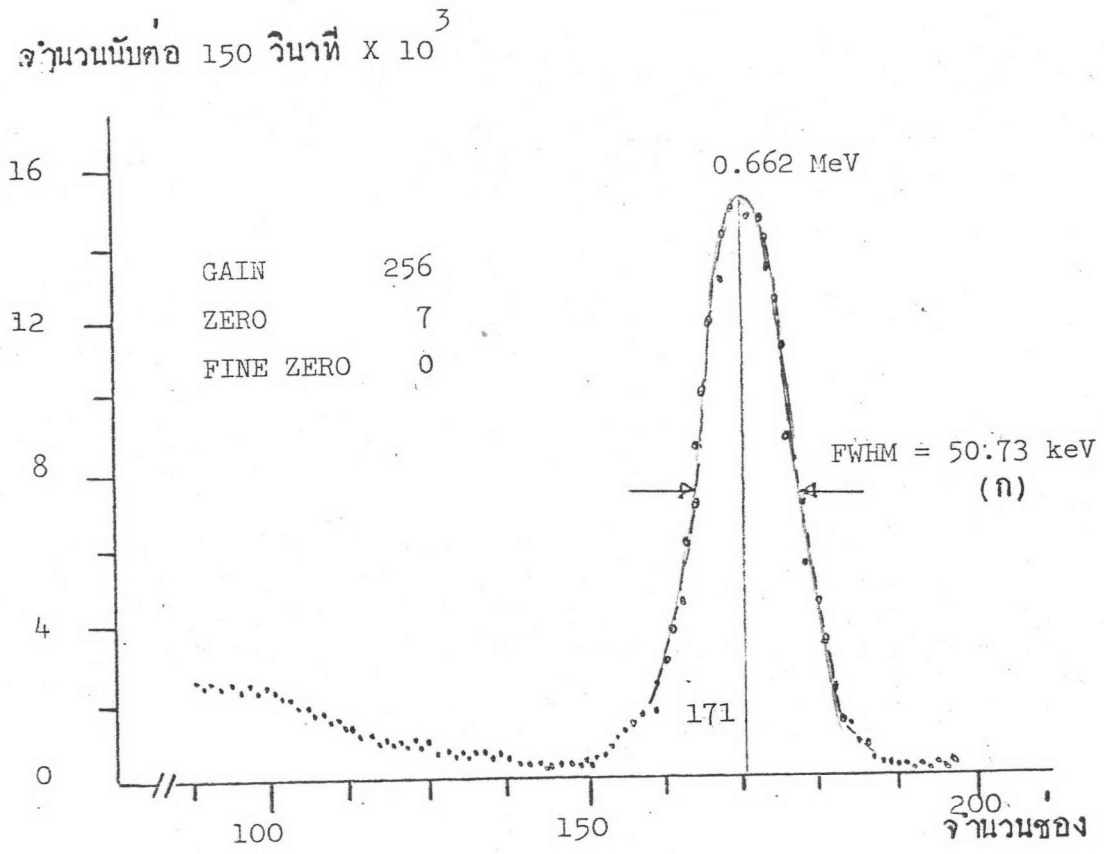
ขนาดจำนวนช่อง	ค่าความสามารถการแยกของพลังงาน (%)				
	0.511 MeV	0.662 MeV	1.173 MeV	1.274 MeV	1.333 MeV
128	8.33	7.5	6.69	6.06	5.4
256	8.95	7.6	6.81	5.9	5.98
512	8.87	8.0	6.58	5.5	5.62
1024	9.19	7.69	6.43	5.26	5.46

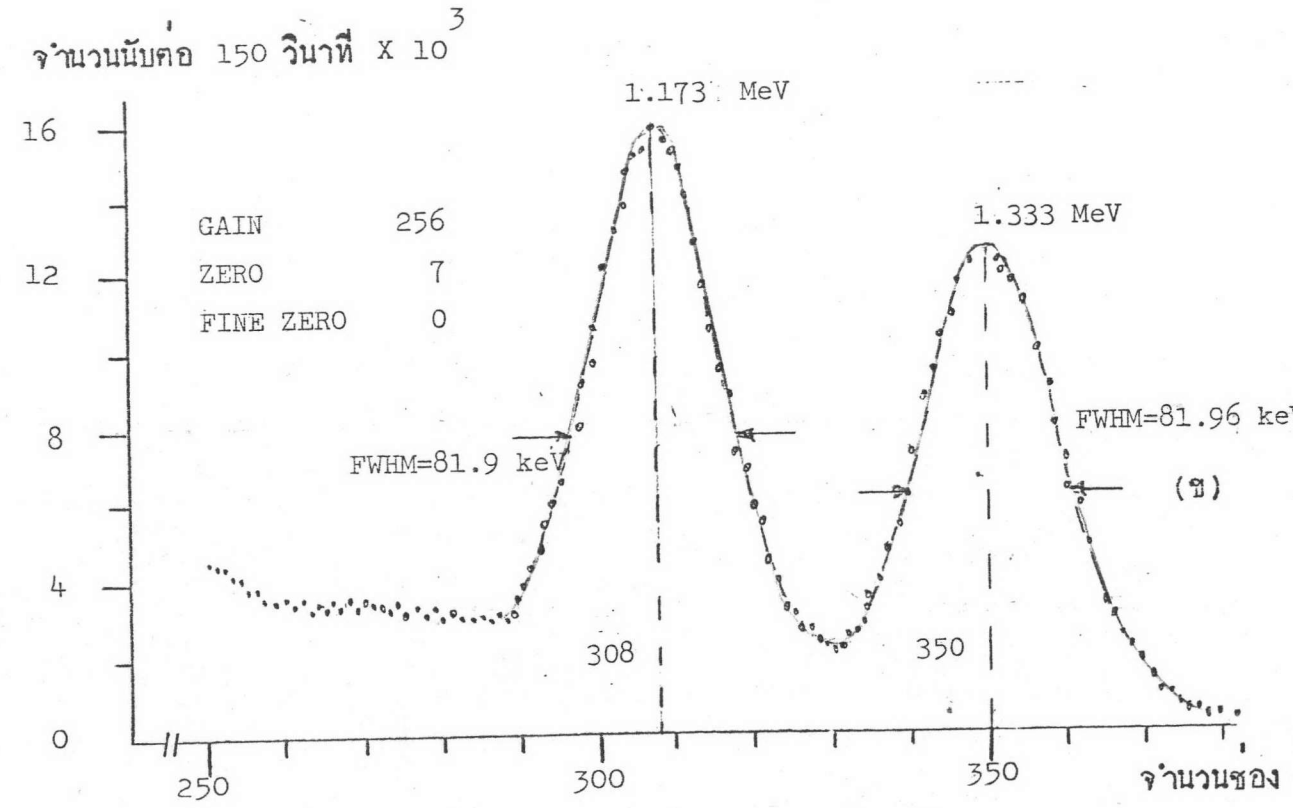


รูปที่ 6.3 แสดงสเปคตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จาก
สารกัมมันตรังสี (ก) ซีเซียม – 137 (ข) โคบอลท์ -60

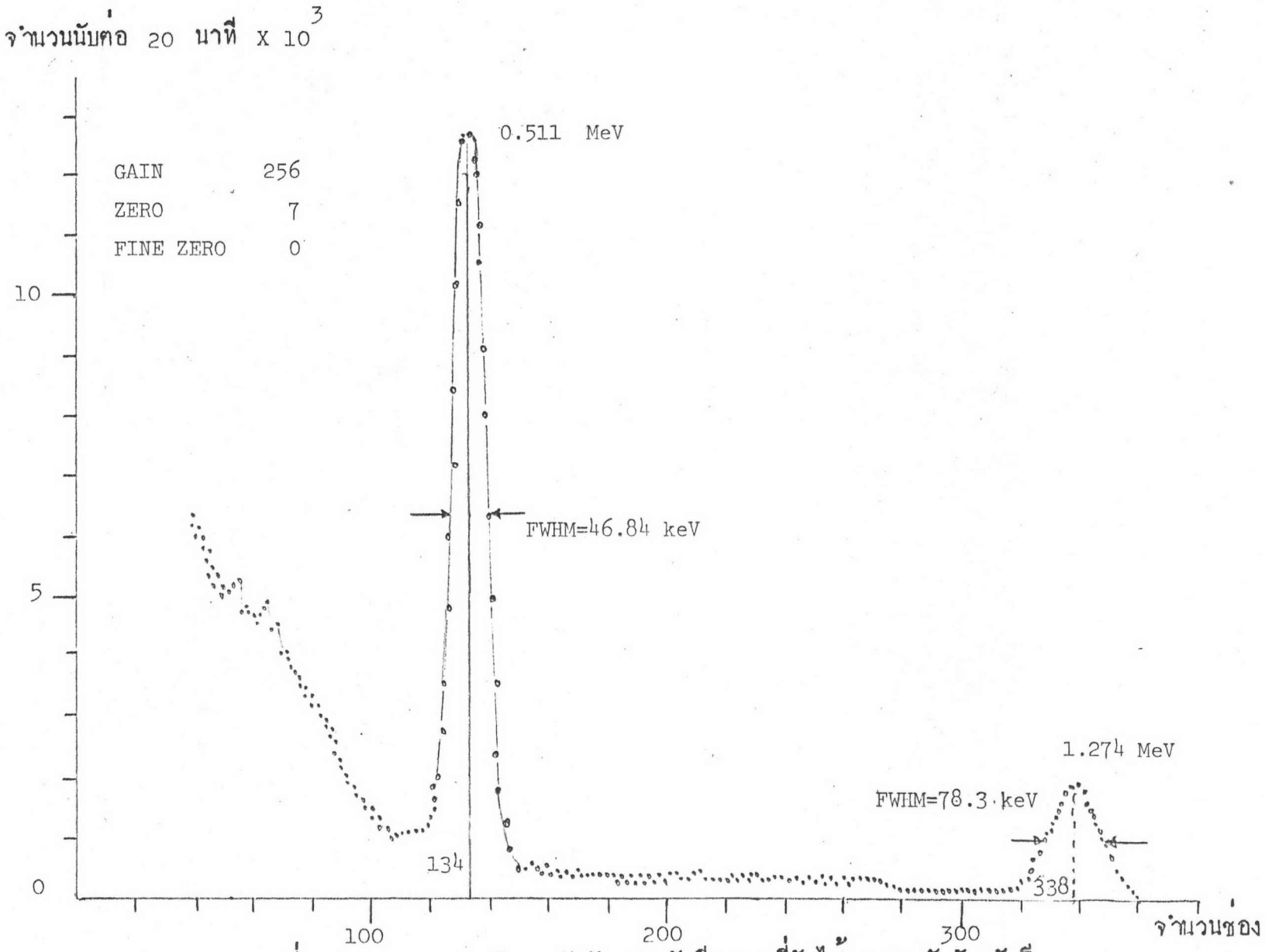


รูปที่ 6.4 แสดงสเปคตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จากสารกัมมันตรังสี โซเดียม – 22

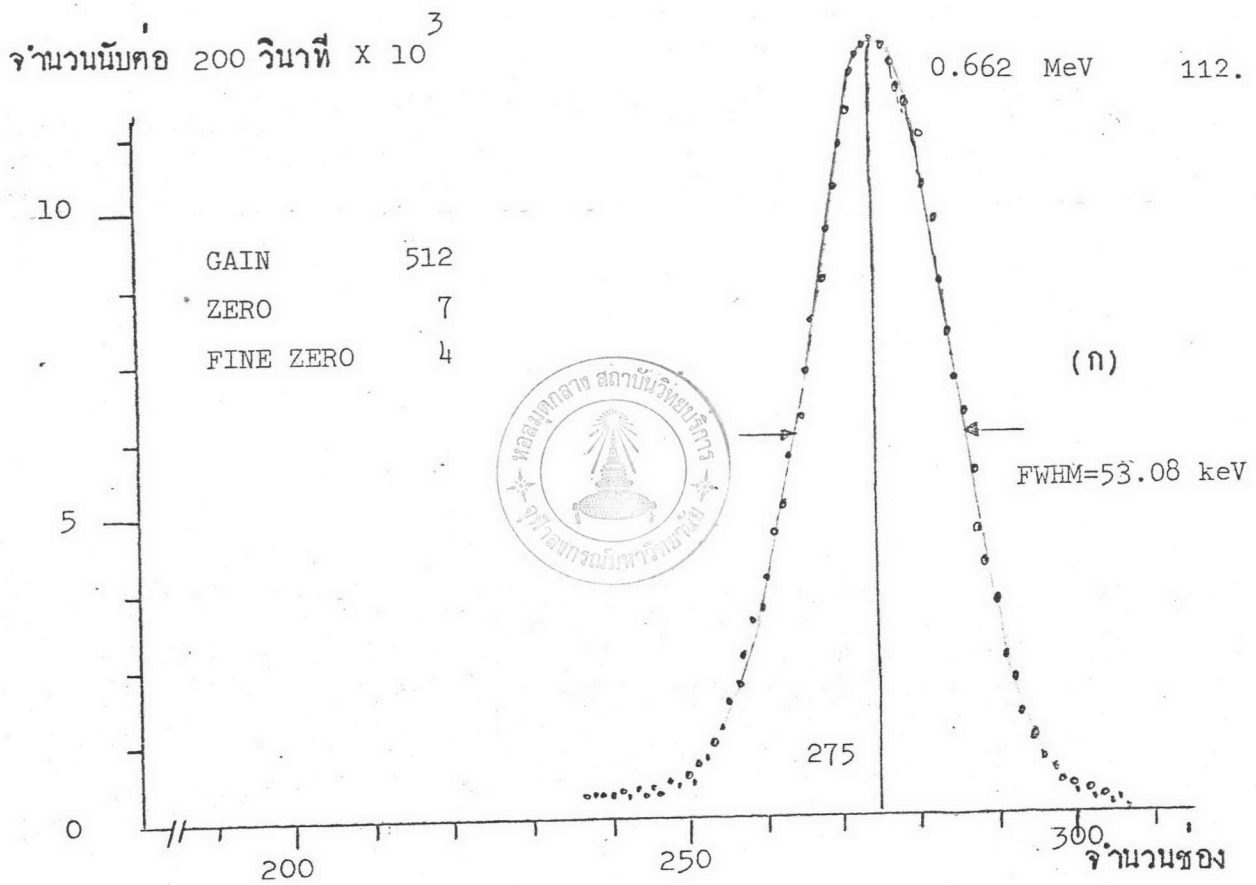


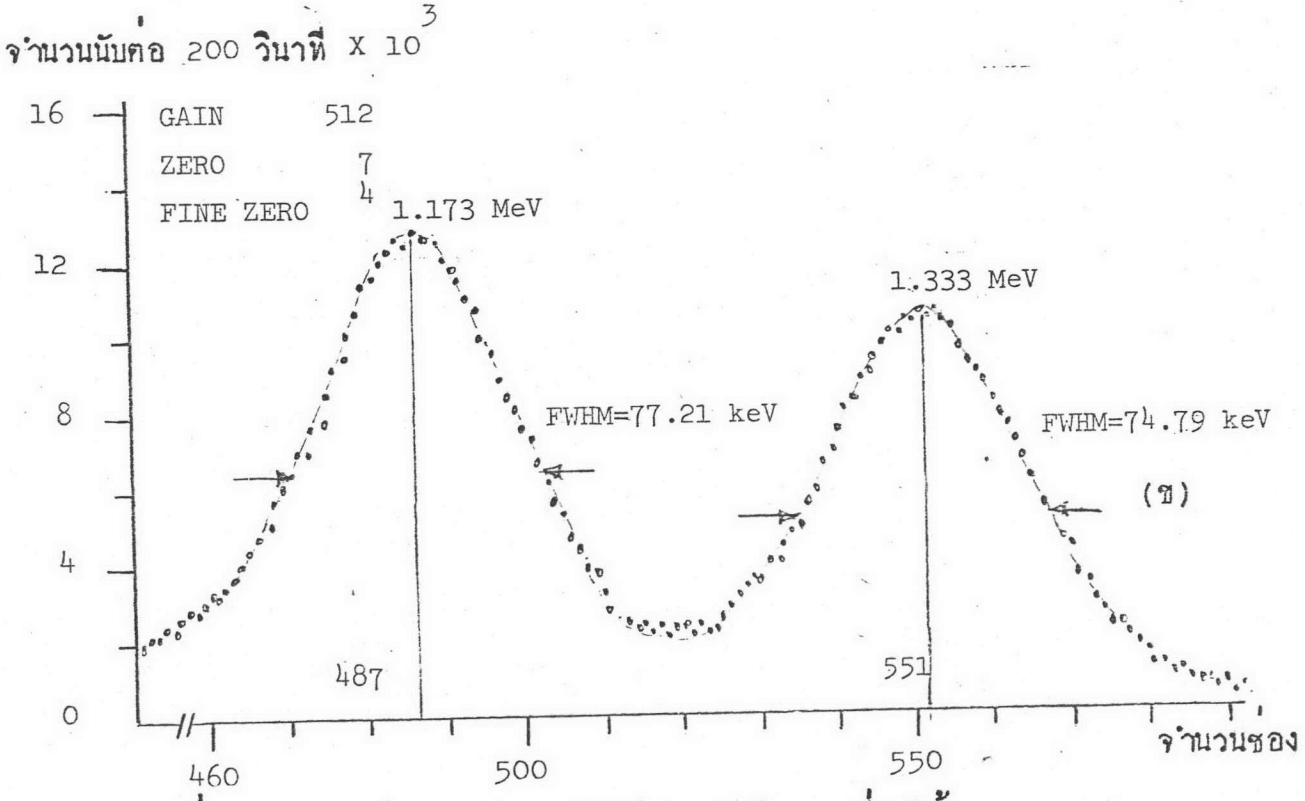


รูปที่ 6.5 แสดงสเปคตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จาก
สารกัมมันตรังสี (ก) ซีเซียม –137 (ข) โคบอลท์-60

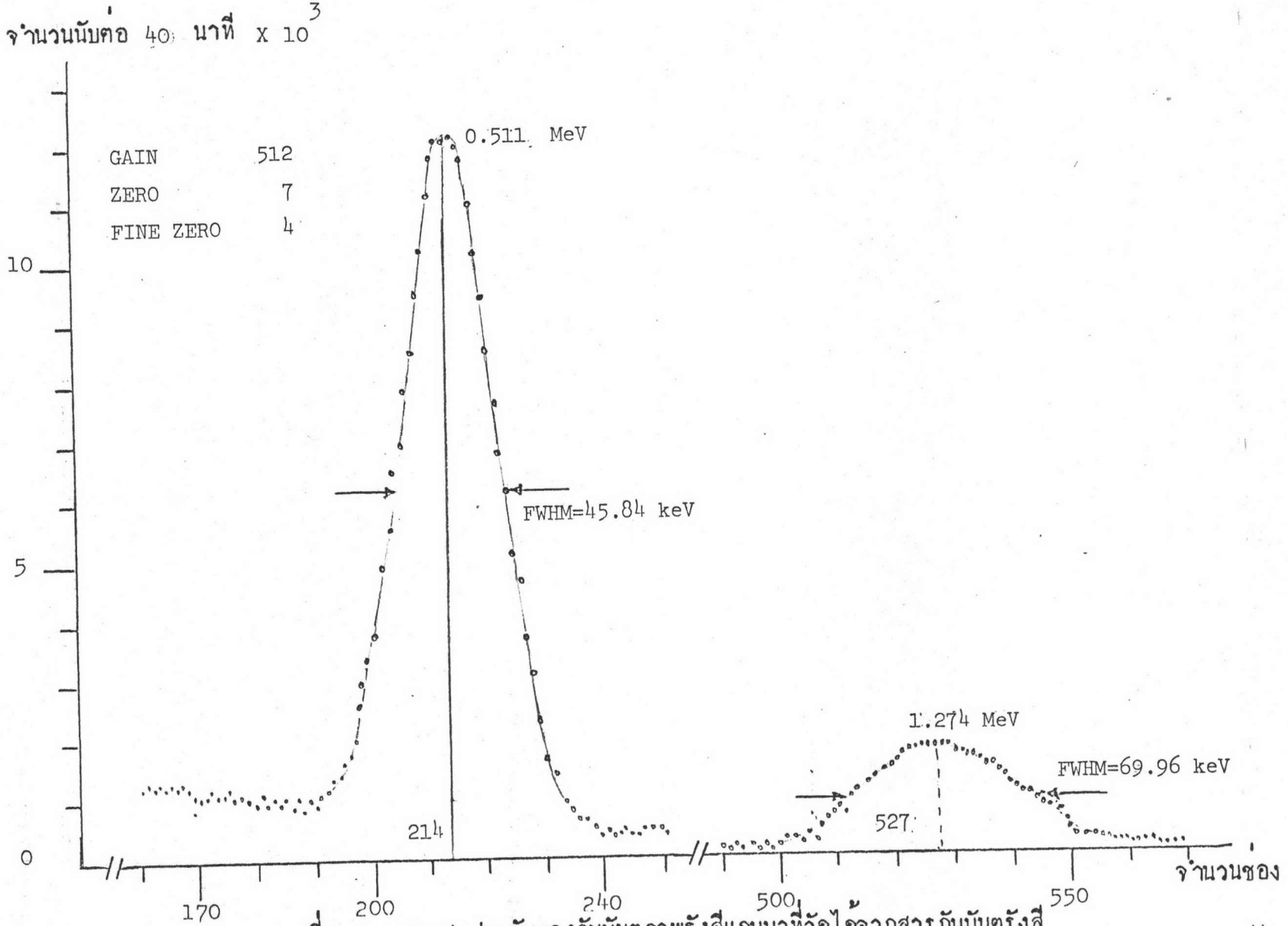


รูปที่ 6.6 แสดงสเปคตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จากสารกัมมันตรังสี โซเดียม – 22

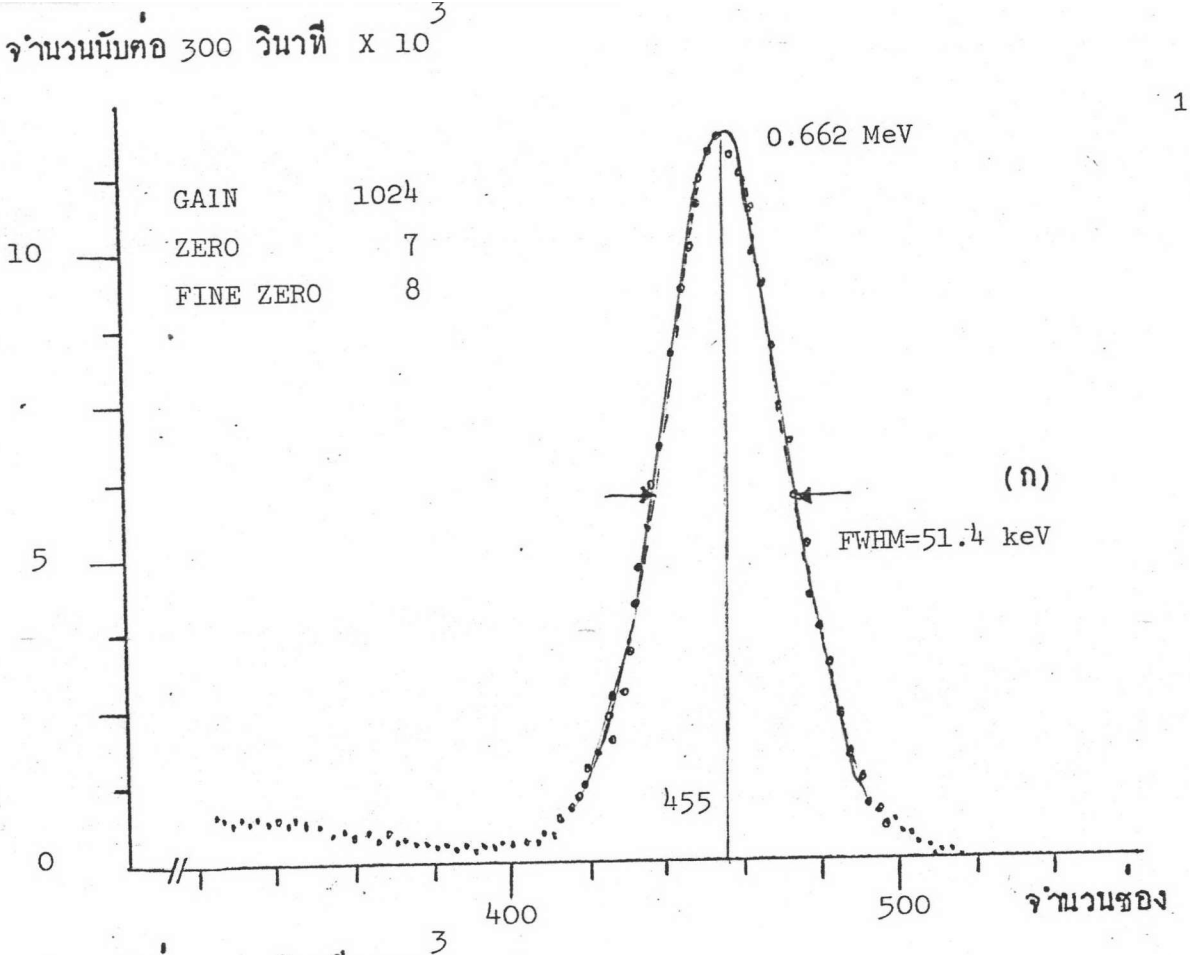




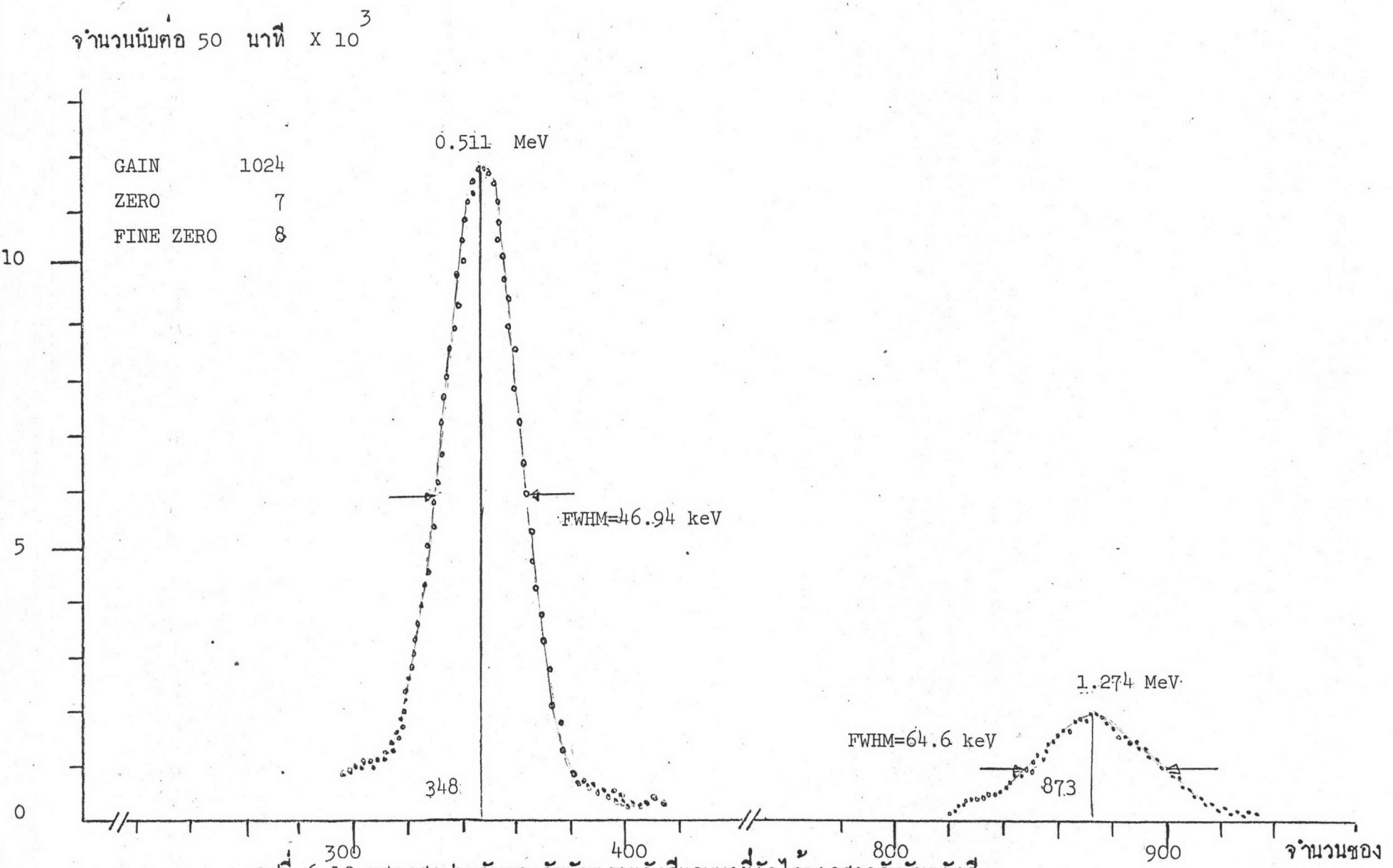
รูปที่ 6.7 แสดงสเปคตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จาก
สารกัมมันตรังสี (ก) ซีเซียม – 137 (ข) โคบอลท์ -60



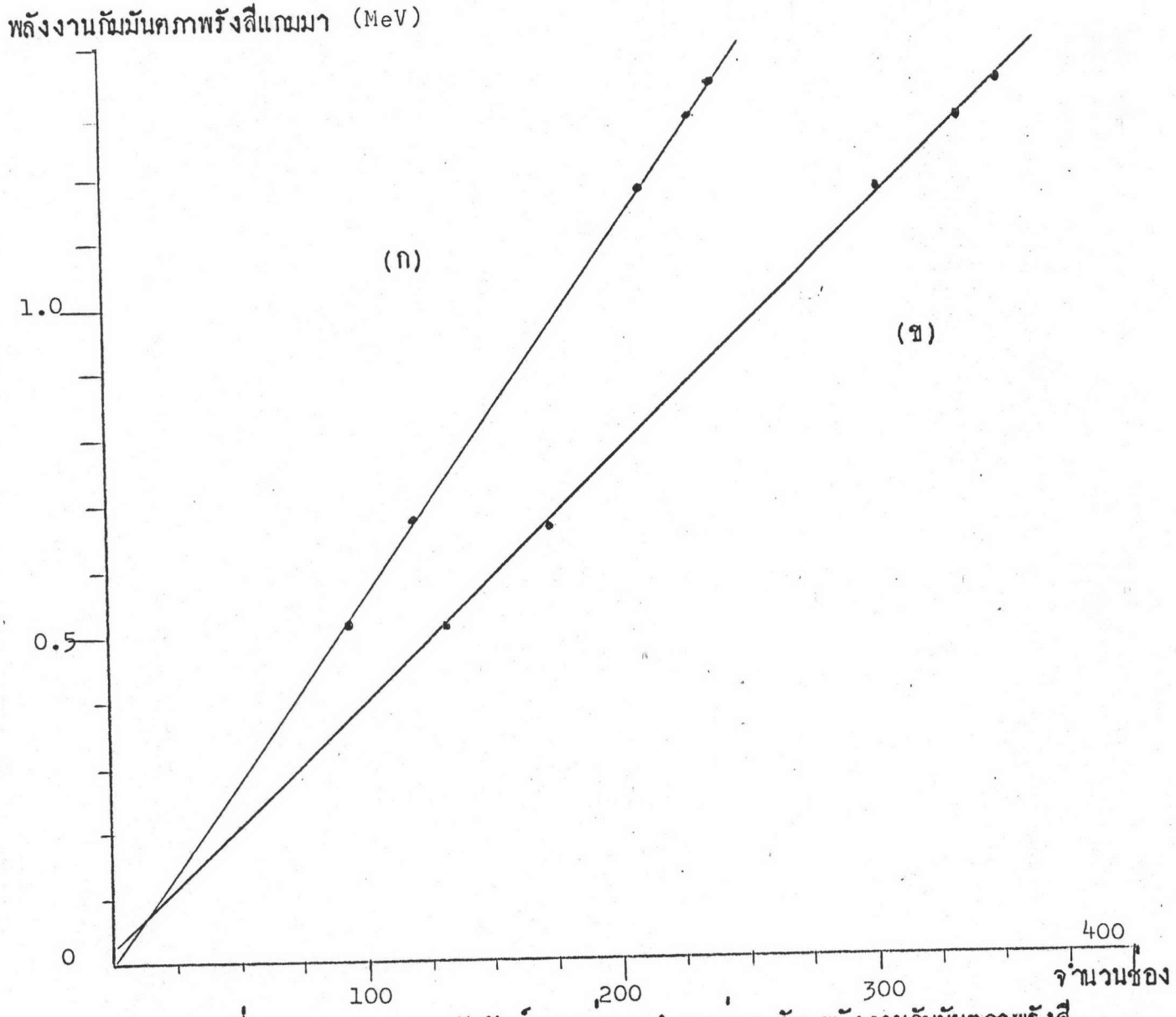
รูปที่ 6.8 แสดงสเปคตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จากสารกัมมันตรังสี โซเดียม -22



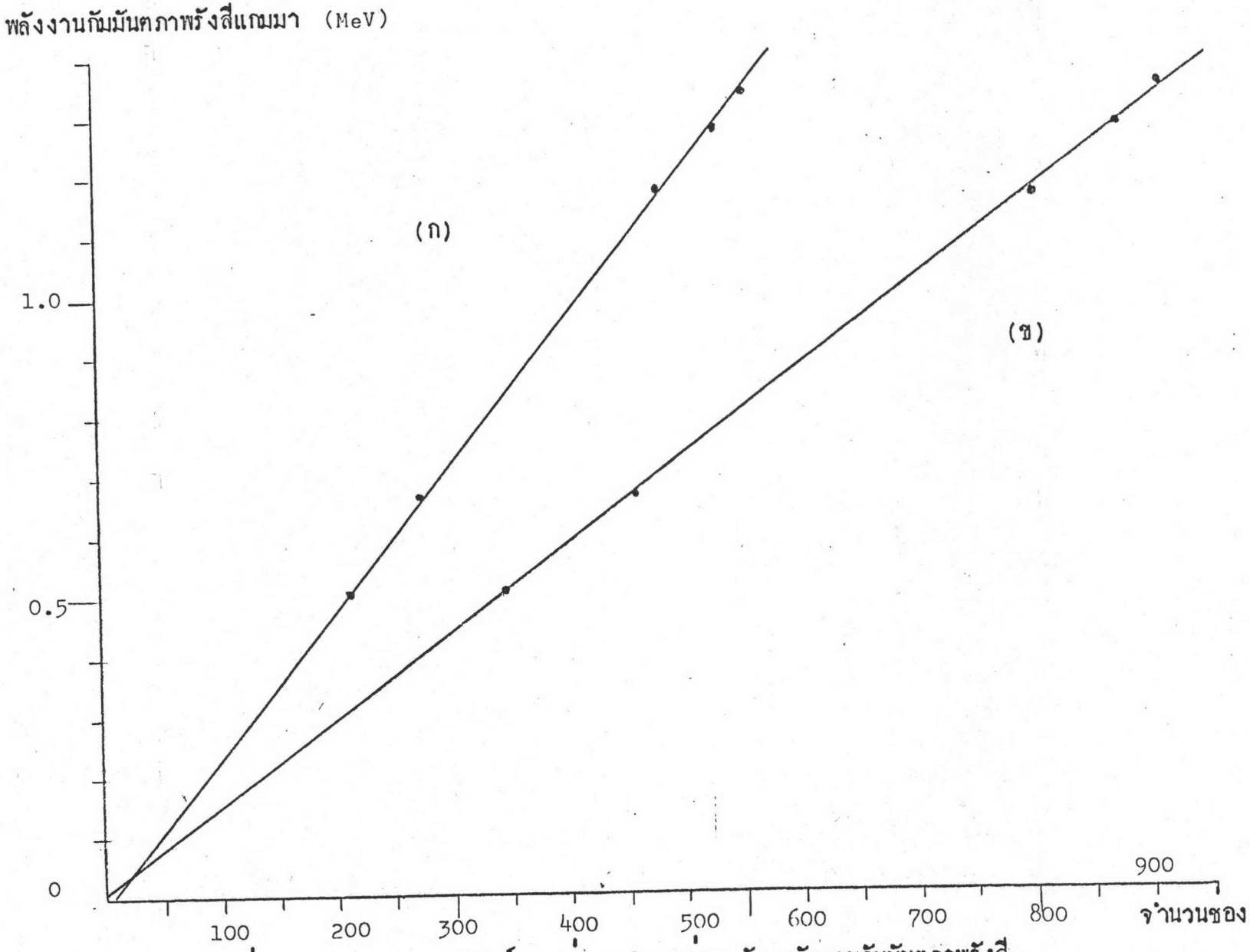
รูปที่ 6.9 แสดงสเปคตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จาก สารกัมมันตรังสี (ก) ซีเซียม −137 (ข) โคบอลท์ -60



รูปที่ 6.10 แสดงสเปคตรัมของณัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จากสารณัมมันตรังสี โซเดียม -22



รูปที่ 6.11 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง จำนวนช่อง กับ พลังงานกัมมันตภาพรังสี แกมมา ที่จำนวนช่องขนาด (ก) 128 ช่อง (ข) 256 ช่อง



รูปที่ 6.12 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง จำนวนชอง กับ พลังงานกัมมันตภาพรังสี แกมมา ที่จำนวนช่องขนาด (ก) 512 ช่อง (ข) 1024 ช่อง