



บทที่ 4

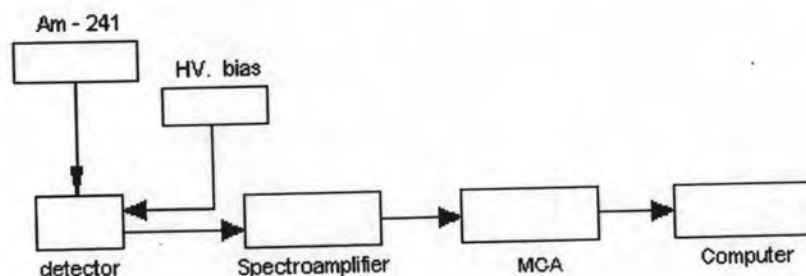
การทดสอบสมรรถนะของต้นกำเนิดกระตุ่นรังสีเอกซ์

ต้นกำเนิดกระตุ่นรังสีเอกซ์หรือต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิที่พัฒนาขึ้น เพื่อนำมาใช้กับระบบงานวิเคราะห์ธาตุด้วยการเรืองรังสีเอกซ์แบบการแจกแจงพลังงานนี้ ได้มีการทดสอบการทำงานของต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิจากชุดแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูง และชุดแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าต่ำสำหรับจุดใส่หลอดเพื่อหาสมรรถนะของต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิจากหลอดรังสีเอกซ์ทางทันตกรรม พร้อมทั้งศึกษาหาข้อจำกัดในการใช้รังสีเอกซ์ปฐมภูมิจากหลอดรังสีเอกซ์ทางทันตกรรมในการวิเคราะห์ธาตุทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การทดสอบจะดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การทดสอบคุณสมบัติในการกำเนิดรังสีเอกซ์ของหลอดรังสีเอกซ์ทางทันตกรรม

4.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติ

- 1) High-purity Germanium ORTEC model GLP-06165/05
- 2) High Voltage power supply ORTEC model 556
- 3) Spectroamplifier CANBERRA model 2020
- 4) Multichannel Analyzer (MCA) CANBERRA SERIES 35 PLUS
- 5) NIM bin and power supply ORTEC model 4001C/4002A
- 6) ไมโครคอมพิวเตอร์
- 7) ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์มาตรฐาน Am-241 ความแรง 1 μCi



รูปที่ 4.1 การจัดระบบวัดสำหรับปรับเทียบเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง

4.1.2 ทดสอบหาสเปกตรัมพลังงานของรังสีเอกซ์จากหลอดรังสีเอกซ์ทางทันตกรรมด้วย การปรับแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูง 0-30 กิโลโวลต์ กระแสแอโนดที่ 10-100 ไมโครแอมแปร์

1) ไบอัสหัววัดรังสี (HPGe) ที่ - 1,000 โวลต์ ด้วยแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูง

2) ปรับเทียบเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง เพื่อหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งช่องวิเคราะห์กับยอดฟีกของพลังงาน ดังแสดงในรูป 4.1 โดยใช้ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์มาตรฐาน Am-241 ปรับอัตราการขยายและส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่องดังนี้

Coarse gain = 100

Fine gain = 0.836

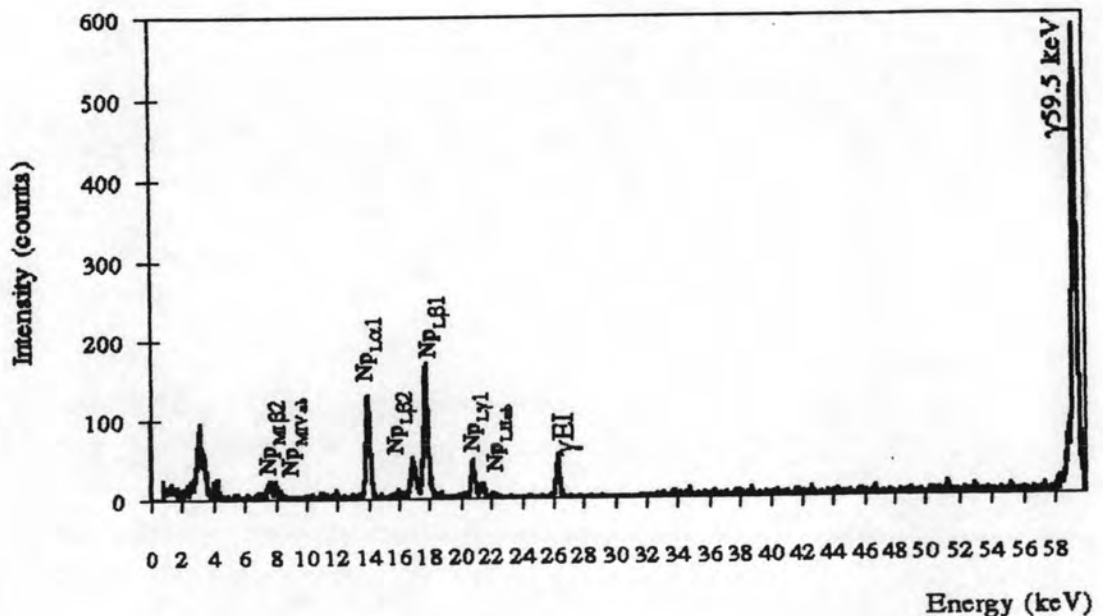
Shapping time = 1 μ s

memory group = 1/1

ADC gain = 4096 (60 kV)

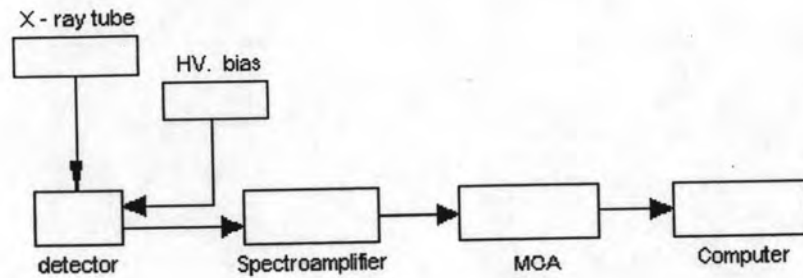
Preset time = 60 วินาที

วางต้นกำเนิดรังสี Am-241 บนหัววัดรังสี วิเคราะห์สเปกตรัมของรังสีเอกซ์ด้วยเวลา 60 วินาที ผลการวัดเพื่อปรับเทียบพลังงาน แสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สเปกตรัมจากปรับเทียบเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่องโดยใช้ Am-241

3) จักระบบวัดสเปกตรัมพลังงานของรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ



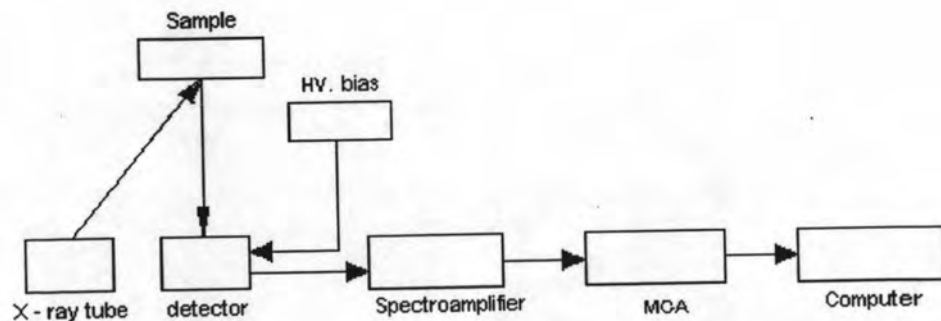
รูปที่ 4.3 การจักระบบวัดสเปกตรัมพลังงานของรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ

3.1) แปรเปลี่ยนศักดาไฟฟ้าของแอนโอดไปที่ 12 , 17 , 21 , 26 และ 27 กิโลโวลต์ (กิโลอิเล็กตรอนโวลต์) โดยปรับกระแสแอนโอดให้คงที่ที่ 15 ไมโครแอมแปร์ วัดสเปกตรัมของพลังงานรังสีเอกซ์ปฐมภูมิที่เกิดขึ้นตามลำดับ ผลการวัดสเปกตรัมรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ แสดงในรูปที่ 4.5

3.2) ปรับศักดาไฟฟ้าแอนโอดคงที่ที่ 27 กิโลโวลต์ แต่แปรเปลี่ยนกระแสให้คงที่ที่ 10 , 15 และ 30 ไมโครแอมแปร์ ตามลำดับ ผลการวัดสเปกตรัมพลังงานรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ แสดงในรูปที่ 4.6

4) วิเคราะห์ผลการวัดของสเปกตรัมพลังงานรังสีเอกซ์ปฐมภูมิจากเครื่องต้นแบบ ที่ได้ในรูปที่ 4.5-4.6 เพื่อหาชนิดของเป่าและสเปกตรัมของรังสีเอกซ์

4.2 การหาขีดจำกัด (detection limit) ในการวิเคราะห์ธาตุทั้งในเชิงคุณภาพและในเชิงปริมาณ



รูปที่ 4.4 การจักระบบการวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองแบบการแจกแจงพลังงาน

4.2.1 จักระบบวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรื่องดังในรูปที่ 4.4

4.2.2 หาขีดจำกัดของการวิเคราะห์ธาตุในเชิงคุณภาพ

1) ปรับแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูงที่ 25 กิโลโวลต์ กระแส 65 ไมโครแอมแปร์ ทิ้งไว้ 20 นาที

2) วัดแบกกราวด์โดยใช้ H_3BO_3 ด้วยเวลา 300 วินาที แสดงผลในการวัดรูปที่ 4.7

3) วางแผ่นตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร ลงบนตำแหน่งวางตัวอย่างซึ่งเตรียมขึ้นจากธาตุที่มีเลขอะตอมต่างๆ จากต่ำไปสูง ($S, KNO_3, TiO_2, Cr_2O_3, Fe_2O_3, NiO_2, ZnO_2, Sr_2O_3, ZrO_2$ และ CdO) สารแต่ละชนิดเท่ากันคือ 10 % โดยน้ำหนัก และทำการวัดในเวลา 300 วินาที วิเคราะห์ผลสเปกตรัมพลังงานชั้นเคของรังสีเอกซ์เรื่องที่เกิดขึ้นบนเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง ดังแสดงผลวิเคราะห์สเปกตรัมในรูปที่ 4.8

4.2.3 หาขีดจำกัดของการวิเคราะห์ธาตุในเชิงปริมาณ

1) ปรับแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูงไว้ที่ 25 กิโลโวลต์ กระแส 65 ไมโครแอมแปร์ ทิ้งไว้ 20 นาที

2) วางสารตัวอย่าง Fe_2O_3 1% ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร ลงบนตำแหน่งวางตัวอย่างวัด ในเวลา 300 วินาที บันทึกผลความเข้มรังสีเอกซ์เรื่องในตารางที่ 4.1 พร้อมรูปสเปกตรัม

3) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2) โดยเปลี่ยน Fe_2O_3 ที่ความเข้มข้น 2% 3%, 4% และ 5% ตามลำดับ บันทึกผลลงในตารางที่ 4.1 พร้อมรูปสเปกตรัม

4) นำข้อมูลจากข้อ 2-3 เปรียบเทียบสเปกตรัมพลังงานของรังสีเอกซ์เรื่อง พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเข้มรังสีเอกซ์เรื่องเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในรูปที่ 4.9 พร้อมกับเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของ Fe_2O_3 (% concentration) กับความเข้มรังสีเอกซ์เรื่องที่เกิดขึ้น (I:counts) ดังแสดงรูปกราฟที่ 4.10 และคำนวณหาขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของ Fe_2O_3 ตามสมการต่อไปนี้

หาความชันของกราฟ (m) ดังสมการ

$$m = \Delta I / \Delta \% \text{ concentration} \dots\dots\dots 4.1$$

หาค่าขีดจำกัดต่ำสุด (L.D) ของการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ
 ดังสมการ [20]

$$I_{LD} = I_B + 3\sigma(I_B) \quad \dots\dots\dots 4.2$$

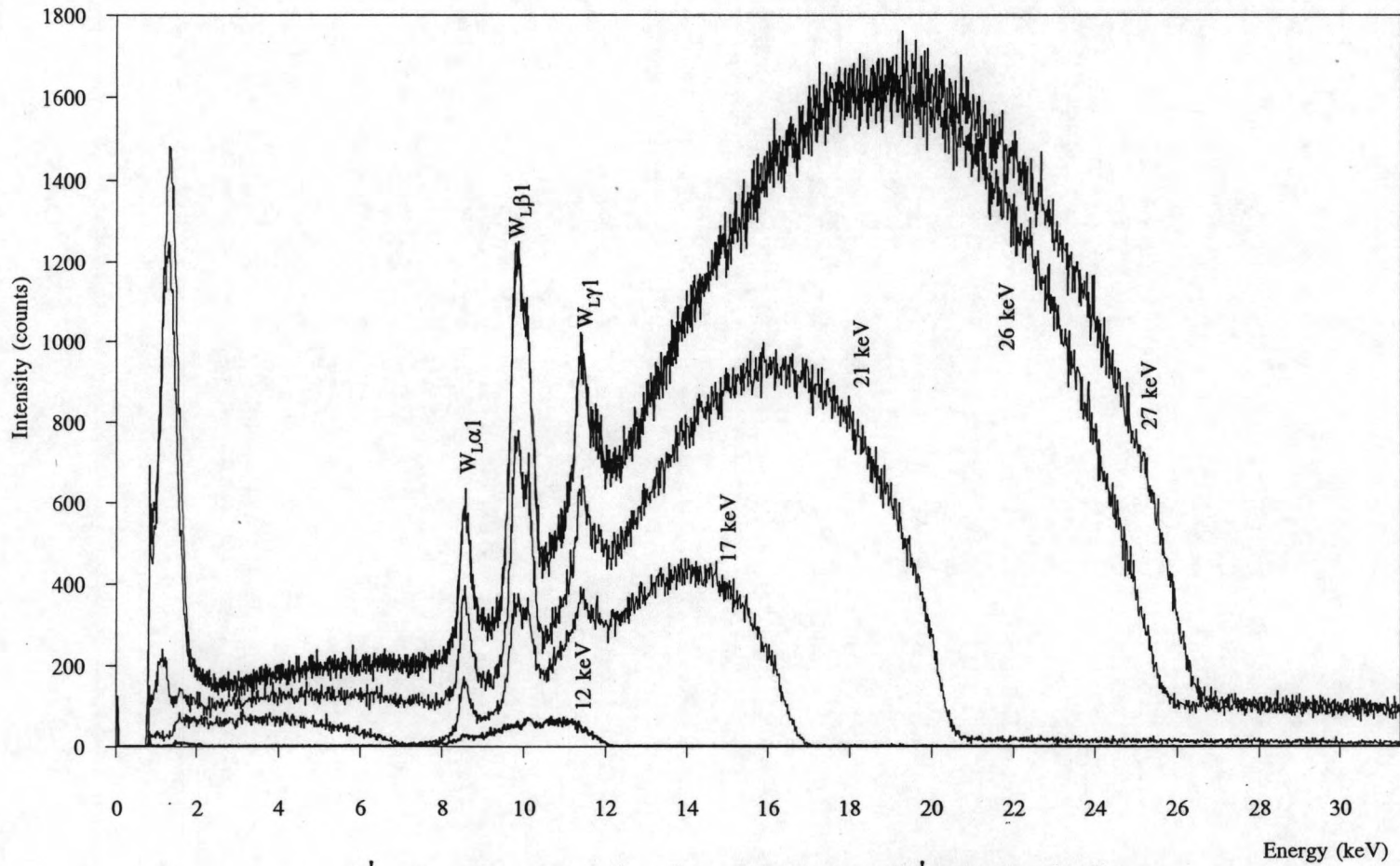
$$L.D := [I_B + 3\sigma(I_B)] / m \quad \dots\dots\dots 4.3$$

$$\sigma(I_B) = \sqrt{I_B} \quad \dots\dots\dots 4.4$$

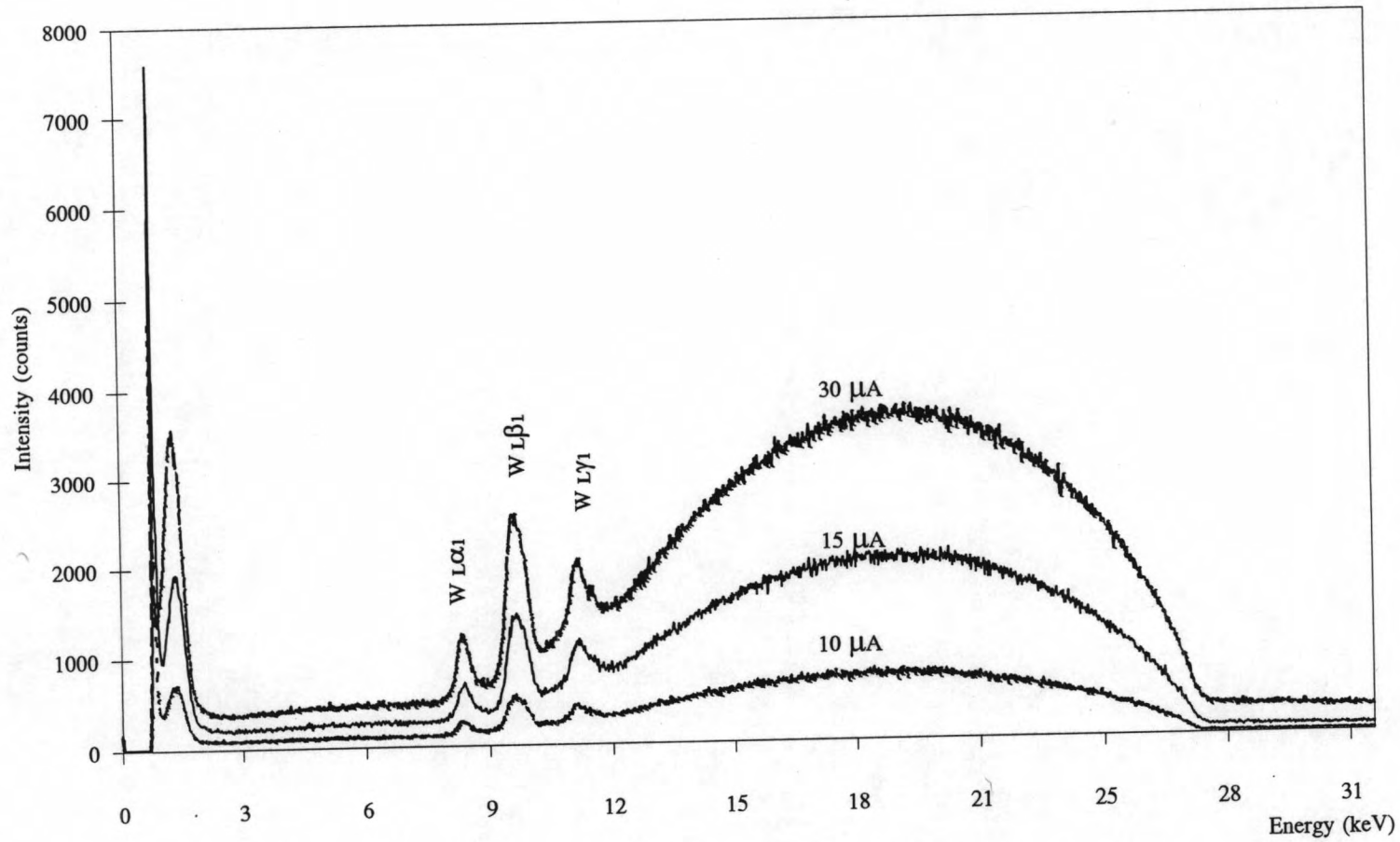
เมื่อ I_B = จำนวนนับแบกกราวด์จากกราฟ

$\sigma(I_B)$ = ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดแบกกราวด์

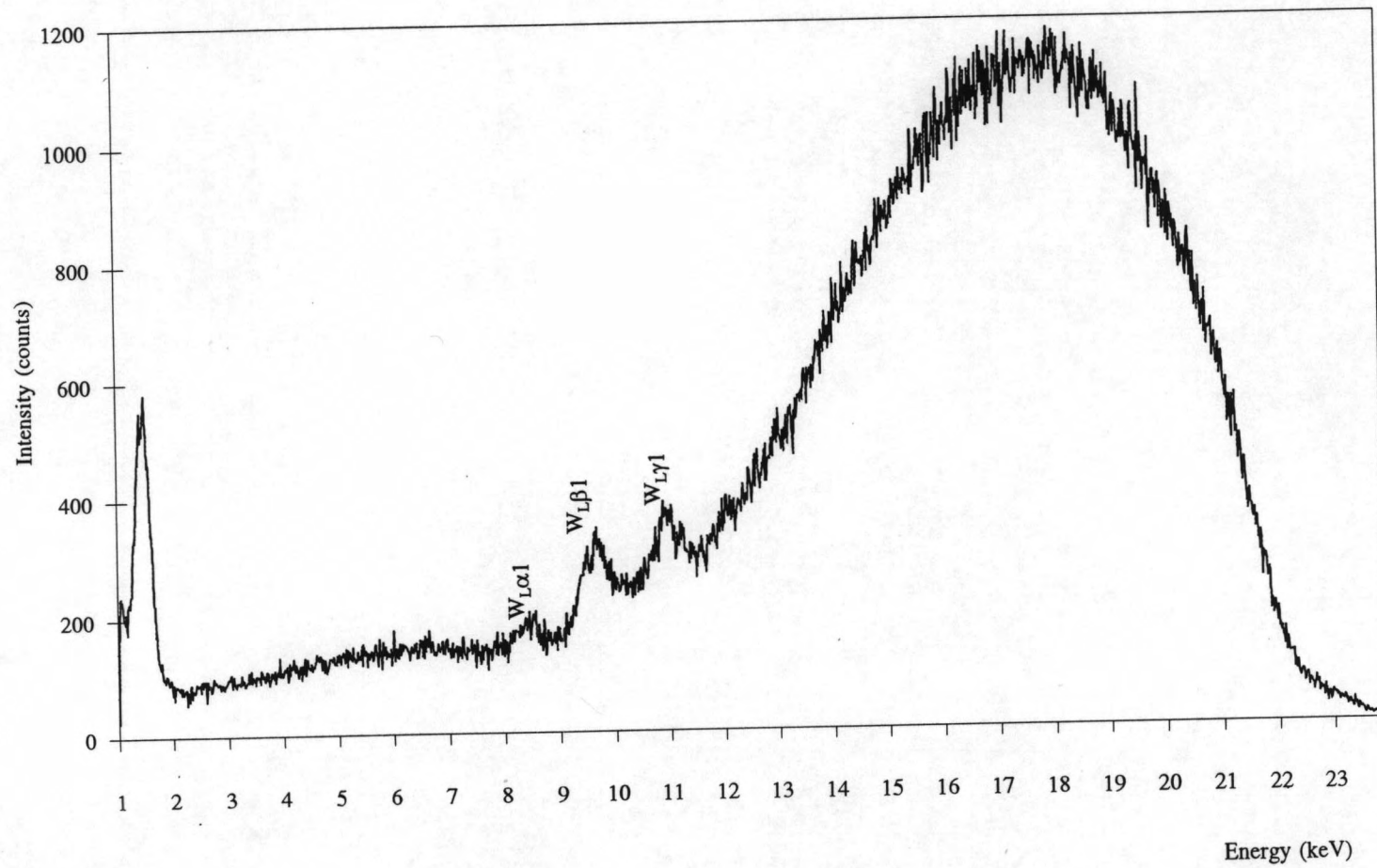
5) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2-4 แต่เปลี่ยนสารตัวอย่างเป็น Ca(OH)_2 4% , 5% , 6% , 10% และ 13% ตามลำดับ และปรับศักดาไฟฟ้าสูงไว้ที่ 25 กิโลโวลต์ กระแส 200 ไมโครแอมแปร์ เพื่อหาขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของ Ca(OH)_2 ดังแสดงผลในเส้นกราฟรูปที่ 4.11-4.12



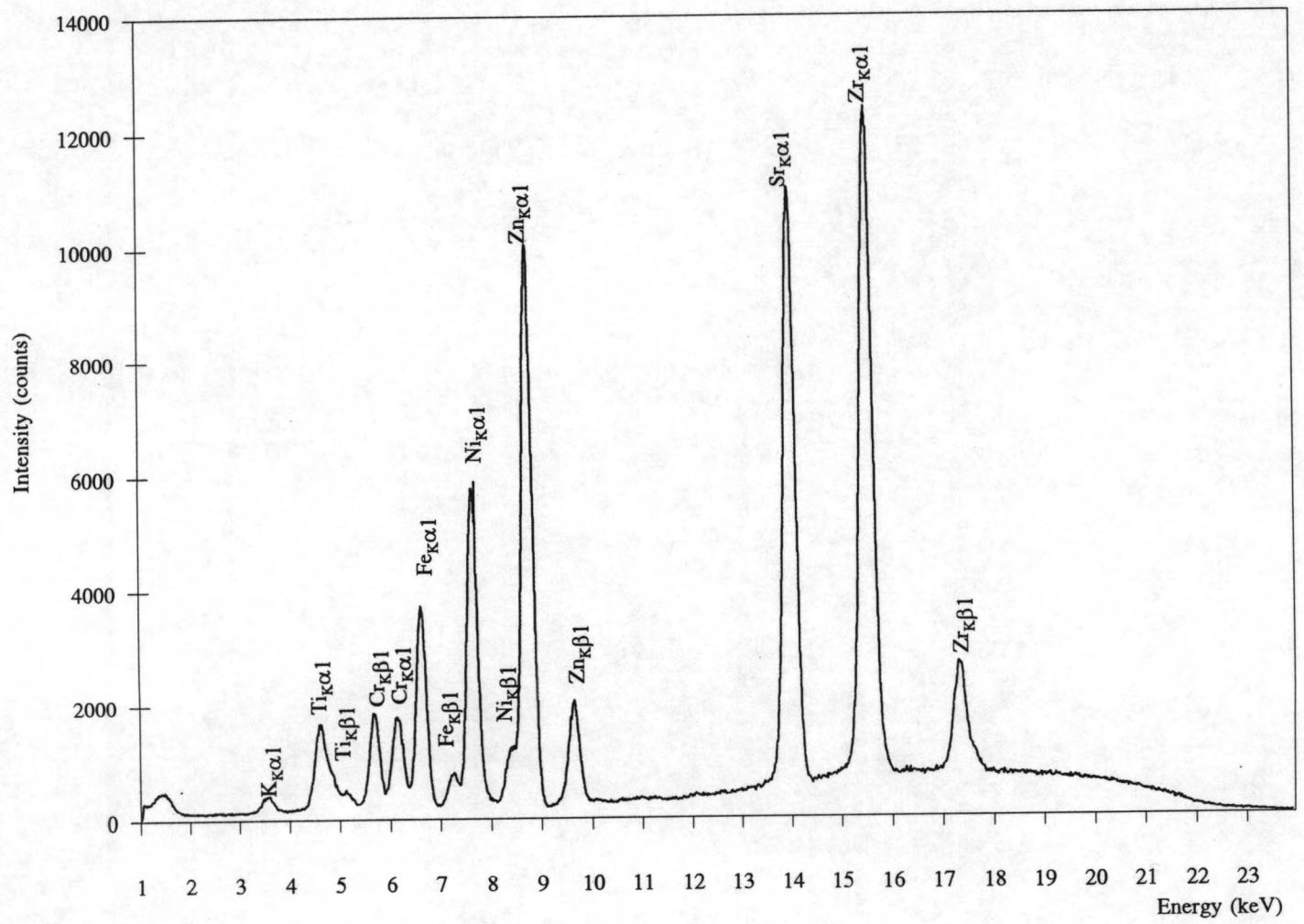
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสเปกตรัมปฐมภูมิเมื่อปรับศักดาไฟฟ้าสูง
ที่ 12, 17, 21, 26 และ 27 kV ที่กระแส 15 μ A



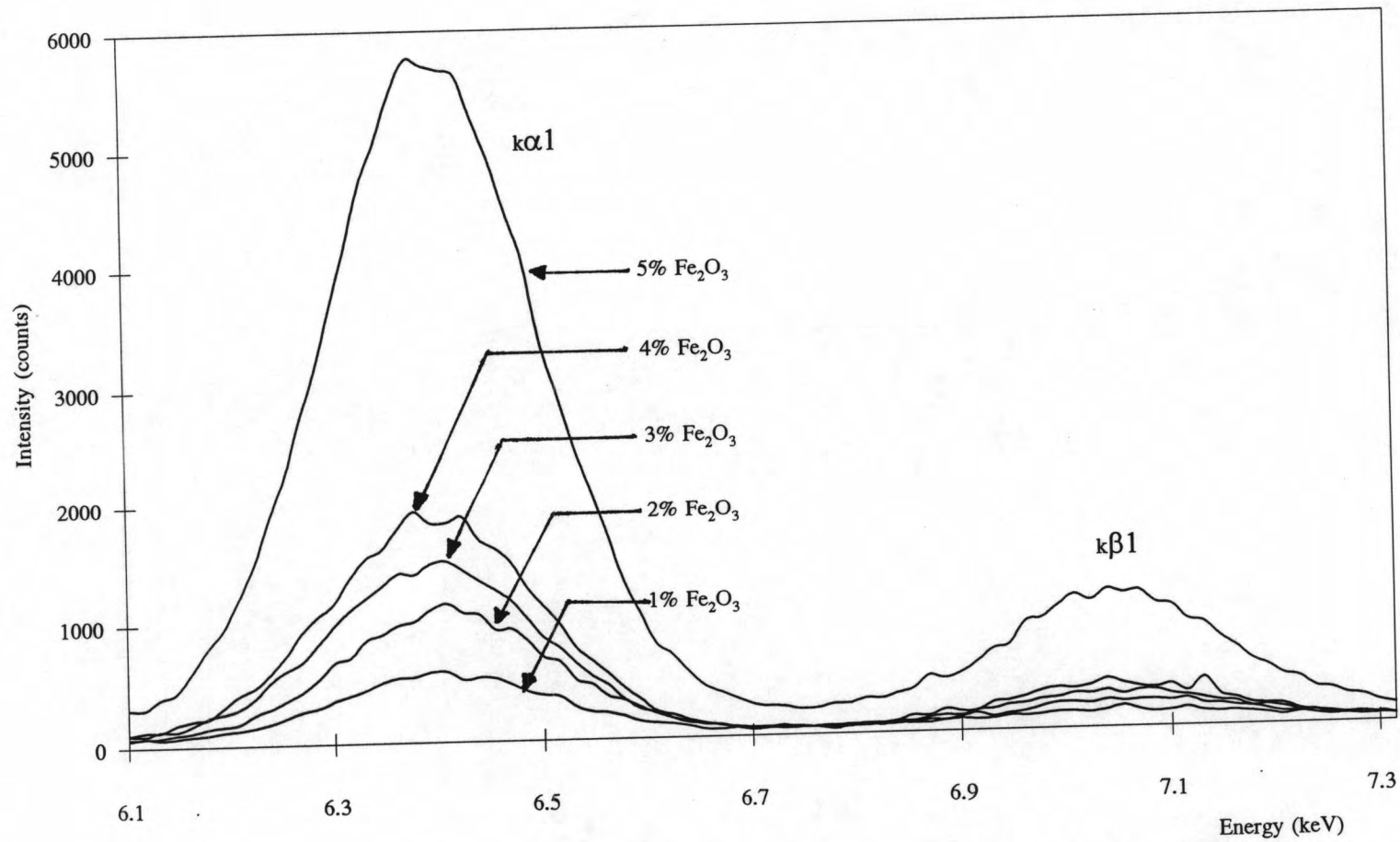
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ เมื่อปรับศักดาไฟฟ้าต่ำจุดให้หลอด
ที่ 10, 15, 30 μA โดยศักดาไฟฟ้าสูงคงที่ 27 kV



รูปที่ 4.7 สเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองของสารตัวอย่าง H_3BO_3



รูปที่ 4.8 สเปกตรัมของรังสีเอกซ์เรืองในการวิเคราะห์ธาตุเชิงคุณภาพ



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองของเหล็ก $k\alpha_1$ และ $k\beta_1$ ที่น้ำหนัก 1,2,3,4 และ 5% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวัด Fe_2O_3 ที่เวลา 300 วินาที

$$\#CH_0 - \#CH_1 = 404-446$$

น้ำหนักของ % Fe_2O_3	ความเข้มรังสีเอกซ์เรือง (Counts)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
1%	22011	22796	21840	22216
2%	43068	42815	42880	42921
3%	60189	60349	60195	60244
4%	88281	84817	89123	87407
5%	117357	109873	117451	114894

การคำนวณหาขีดจำกัดต่ำสุดของกราฟรูปที่ 4.10

$$m = \Delta I / \Delta \% \text{ Concentration}$$

$$= 2 \times 10^6 \quad \text{counts}/\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

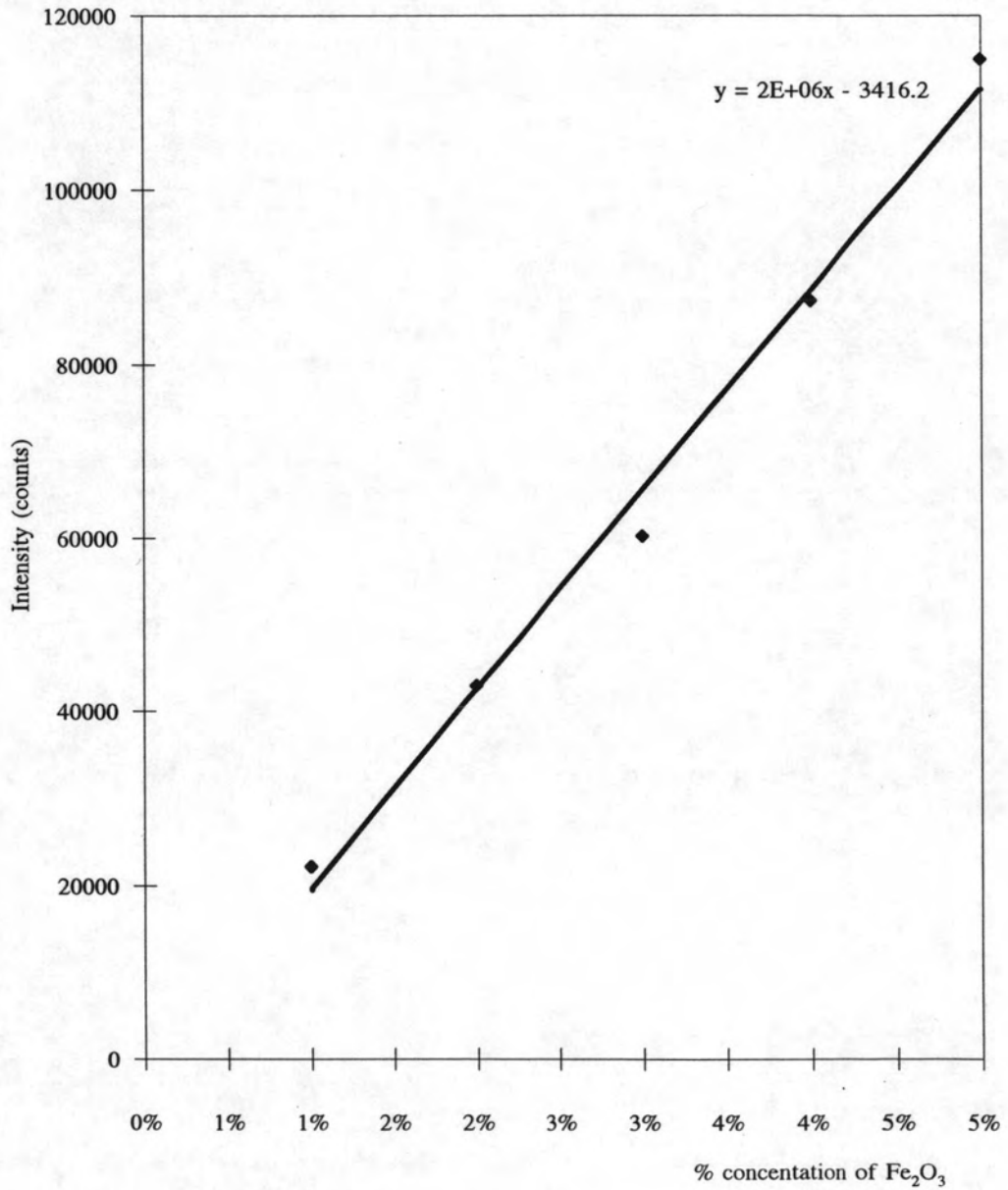
$$\begin{aligned} \sigma(I_B) &= \sqrt{I_B} \\ &= \sqrt{3416} = 58 \quad \text{counts} \end{aligned}$$

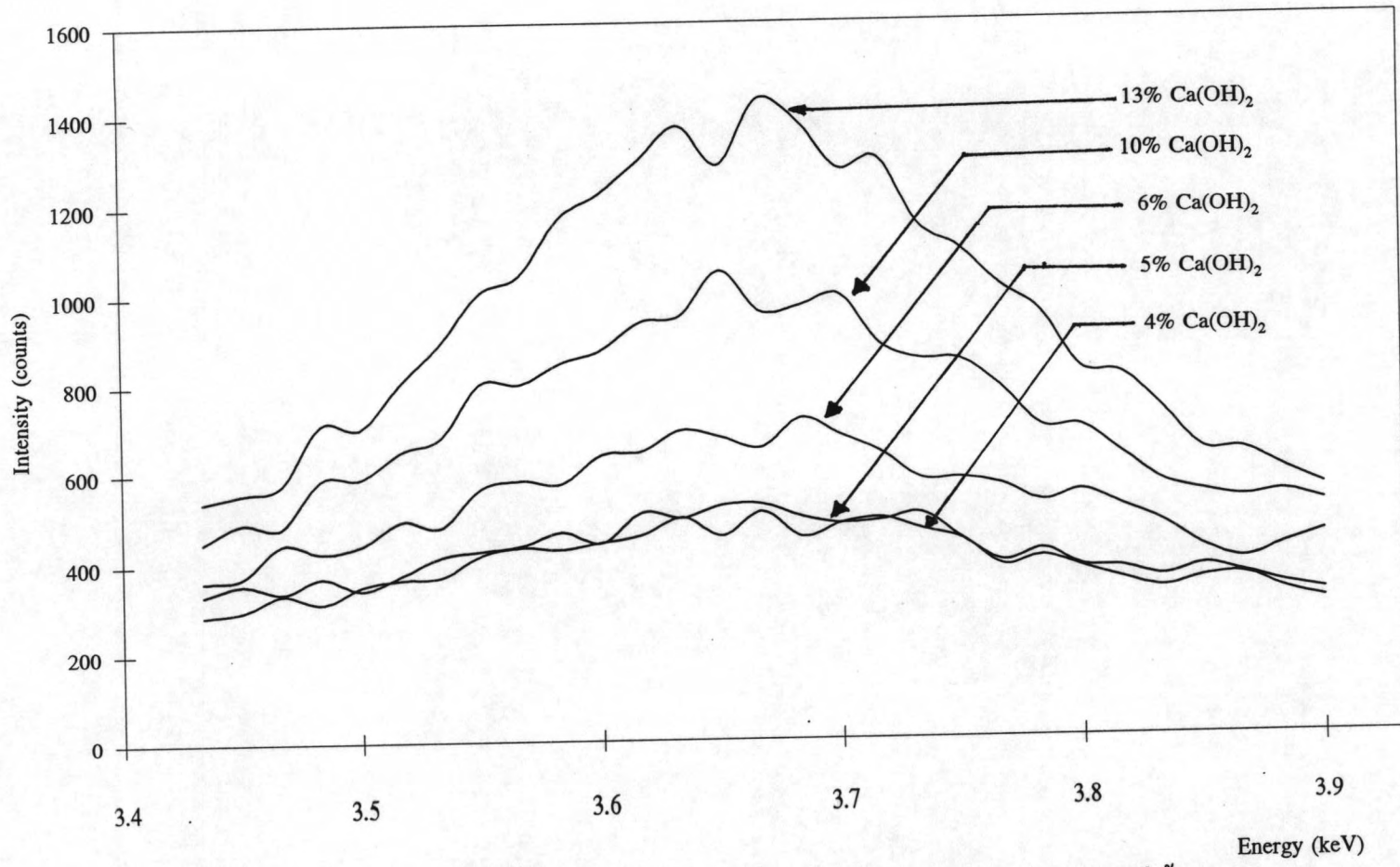
$$\therefore 3\sigma(I_B) = 174 \quad \text{counts}$$

$$\begin{aligned} I_{LD} &= I_B + 3\sigma(I_B) \\ &= 3416 + 174 = 3590 \quad \text{counts} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{L.D.} &= [I_B + 3\sigma(I_B)] / m \\ &= 0.002 \% \text{ Fe}_2\text{O}_3 \end{aligned}$$

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของ Fe_2O_3 (% Concentration) กับความเข้มรังสีเอกซ์เรือง (I : counts) ที่เวลา 300 วินาที





รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองของแคลเซียม KAlSi₃O₈ ที่น้ำหนัก 4, 5, 6, 10 และ 13% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวัด Ca(OH)_2 ที่เวลา 300 วินาที

$$\#CH_0 - \#CH_1 = 234 - 262$$

น้ำหนักของ $\% \text{Ca(OH)}_2$	ความเข้มรังสีเอกซ์เรือง (Counts)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
4%	1993	1896	1943	1944
5%	2141	2281	2247	2223
6%	3607	3587	3561	3585
10%	6193	6258	6147	6208
13%	9240	9327	9286	9284

การคำนวณหาค่าขีดจำกัดต่ำสุดของกราฟรูปที่ 4.12

$$m = \Delta I / \Delta \% \text{ Concentration}$$

$$= 81326 \quad \text{counts}/\% \text{Ca(OH)}_2$$

$$\sigma(I_B) = \sqrt{I_B}$$

$$= \sqrt{1532} = 39 \quad \text{counts}$$

$$\therefore 3\sigma(I_B) = 117 \quad \text{counts}$$

$$I_{LD} = I_B + 3\sigma(I_B)$$

$$= 1532 + 117 = 1649 \quad \text{counts}$$

$$\text{L.L.D.} = [I_B + 3\sigma(I_B)] / m$$

$$= [1532 + 117] / m$$

$$= 0.02\% \text{Ca(OH)}_2$$

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (% Concentration) กับความเข้มรังสีเอกซ์เรือง (I : counts) ที่เวลา 300 วินาที

