

บทที่ 4

การทดลอง

การดำเนินการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเงิน และสิ่งเจือปน
ในเงินตราโบราณ ได้กระทำเป็นขั้นตอนดังนี้ คือ

- 4.1 การจัดตั้งเครื่องมือทดลอง
- 4.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ
- 4.3 การเตรียมวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน
- 4.4 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

4.1 การจัดตั้งเครื่องมือทดลอง

เครื่องมือทดลองประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ หัววัด
รังสี, คันกำเนิดรังสี, วัตถุตัวอย่างและวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน ในการทดลอง
จะต้องจัดปรับเครื่องมือตามจุดมุ่งหมายดังนี้คือ

4.1.1 เพื่อให้ได้ค่าความนับจริงของรังสีเอกซ์เรืองสูงพอสมควร
โดยให้ภูมิหลัง (Background) มีขนาดเล็กที่สุด

4.1.2 เพื่อหาเวลาที่พอเหมาะสำหรับการกระตุ้นวัตถุตัวอย่างให้
ได้ผลดีที่สุด และเพื่อประหยัดเวลาในการปฏิบัติงาน

4.1.3 เพื่อหาชนิดของสารต้นกำเนิดรังสีที่เหมาะสมต่อวัตถุตัวอย่าง

4.1.4 ทาชนิดของคออลิเมเตอร์ (Collimator) ที่ช่วยให้การ
วัดรังสีเอกซ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อแก้ปัญหาเรื่องรูปร่างของวัตถุ
ตัวอย่าง

4.1.5 หาค่าแรงแท่งที่เหมาะสมสำหรับวางวัตถุตัวอย่าง, สารตกน้ำเน็ด
รังสี, หัววัดรังสี และคอลลิเมเตอร์ เพื่อให้วัตถุตัวอย่างได้รับรังสีมากที่สุด และ
หัววัดรังสีสามารถวัดรังสี เอกซ์ เรืองใต้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

4.1.6 เพื่อหาความหนาวิกฤตของวัตถุตัวอย่าง

จากการทดลอง พบว่าควรจัดปรับเครื่องมือ โดยให้

High voltage supply	1500 volts
Fine gain	0.85
Coarse gain	50
Conversion gain	1024
Upper level discriminator	400
Lower level discriminator	60
Fine zero adjustment	1000
Zero coarse	0

ใช้เวลาในการวัด 400 - 1000 วินาที

ใช้หลอดรังสีคออลลิเมเตอร์หลาย ๆ ชนิด ได้แก่ ปูนพลาสติก, พลาสติก
ยาง, และอลูมิเนียม ซึ่งมีความหนาต่าง ๆ กัน พบว่าคอลลิเมเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด
คือ อลูมิเนียมซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.2 ซม. หนา 1.4 มม.
เจาะรูตรงกลางสำหรับเป็นทางให้รังสีผ่านขึ้นมา มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 ซม. และ
ความหนาผนังรับรังสีใหม่ลักษณะดังรูปที่ 15 ปรากฏว่าคอลลิเมเตอร์ที่ทำด้วยอลูมิเนียม
นี้ไม่มีสิ่งเจือปนที่รบกวนการวัดรังสีเอกซ์ เรืองในวัตถุตัวอย่าง และไม่ทำให้หมุ่หลังสูงขึ้น

จากการทดลองหาความหนาวิกฤต พบว่าเมื่อใช้แผ่นเงินบริสุทธิ์ ซึ่งหนาคงแต่
0.7 มม. ขึ้นไป ความเข้มของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่วัดได้มีค่าคงที่ เพราะฉะนั้น
ในการทดลองครั้งนี้จะไม่มีปัญหาเรื่องความหนา เนื่องจากวัตถุตัวอย่างหนามากกว่า
0.7 มม. ซึ่งสูงกว่าความหนาวิกฤต

การจัดวางวัตถุตัวอย่าง, คันกำเน็กรังสี, หัววัดรังสี และคออลดีเมเตอร์
 การเป็นไปในลักษณะดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงแผนภาพการจัดวางวัตถุตัวอย่าง



4.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

โค้ตทดลองวิเคราะห์หาชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุตัวอย่าง
 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการ เตรียมวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดัง
 ต่อไปนี้

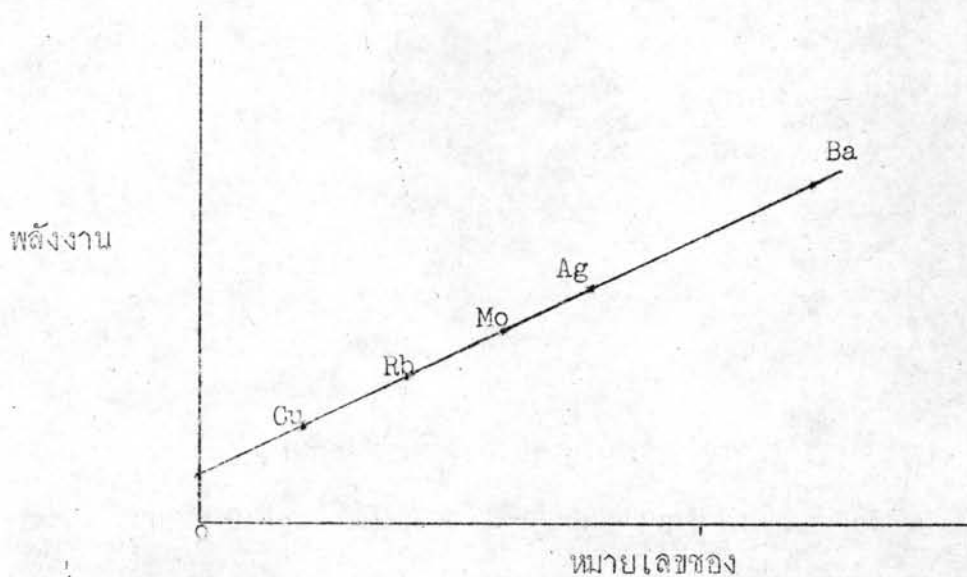
4.2.1 จัดปรับเครื่องมือตามข้อ 4.1

4.2.2 กระจายสารเคมีตัวอย่างมาตรฐานที่ทราบค่าพลังงานของรังสี
 เอกซ์เฉพาะตัว ไก่แก๊ เงิน ทองแดง โมลิบดีนัม แมเรียม รูบีเลียม โดยใช้
 เวลาในการวัด 400 วินาที

4.2.3 นำหมายเลขช่องของเครื่องแยกตัวพลังงาน ที่เกิดพีคของ
 รังสีเอกซ์เฉพาะตัว จากข้อ 4.2.2 มาทำกราฟมาตรฐาน เปรียบเทียบพลังงาน
 กับหมายเลขช่องดังแสดงในรูปที่ 14

4.2.4 กระจายวัตถุตัวอย่าง และบันทึกอัตราการนับด้วยเครื่องพิมพ์
 โดยใช้เวลาในการกระจายเท่าเดิม คือ 400 วินาที

วิเคราะห์หาชนิดของธาตุ โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน โดยพิจารณาจากหมายเลขของที่มีอัตราความสูงที่สุด ซึ่งหมายถึงตำแหน่งยอดพีคในสเปกตรัมของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของธาตุ แล้วอ่านค่าพลังงานจากกราฟมาตรฐาน นำค่าพลังงานที่อ่านได้มาเปรียบเทียบกับพลังงานของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่ปริมาณการเรืองรังสีสูงสุดก่อน ได้แก่ รังสีเอกซ์เฉพาะตัวชนิด K_{α_1} , K_{β_1} หรือ L_{α_1} , L_{β_1} แล้วจึงพิจารณารังสีเอกซ์เฉพาะตัวชนิดอื่น ๆ ซึ่งมีปริมาณการเรืองรังสีน้อยลง เช่น K_{β_2} , K_{α_2} , L_{γ_1}



รูปที่ 15 กราฟมาตรฐาน

4.3 การเตรียมวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน

ใช้หลอดไอซ์วัตถุตัวอย่างมาตรฐานหลาย ๆ ชนิด ดังต่อไปนี้

4.3.1 นำแผ่นเงินบริสุทธิ์มาวางซ้อนกันและอัดโดยใช้แรงอัดให้ความหนาประมาณ 0.1 มม. เพื่อใช้เป็นวัตถุตัวอย่างมาตรฐานในการวิเคราะห์เหรียญเงินแบบ ๆ

4.3.2 นำแผนเงินบริสุทธิ์มาวางซ้อนกัน ในลักษณะเดียวกับในข้อ
4.3.1 และให้มีความหนาเท่ากัน แล้วทุบให้มีรูปร่างและขนาดเท่ากับวัตถุ
ตัวอย่างซึ่งเป็นเงินพดด้วง ขนาด 1 บาท

4.3.3 ใช้เงินพดด้วงที่ทราบปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบอย่าง
แน่นอน โดยนำส่วนหนึ่งไปให้กรมวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ โดยวิธีเคมี ดังกล่าว
แล้วในบทที่ 3

4.3.4 ใช้เหรียญเงินสมัยรัชกาลที่ 6 ซึ่งเป็นเหรียญแบน ขนาด 1 สลึง
จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี พบว่ามีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 4

4.3.5 ใช้โลหะผสมของเงินกับทองแดง ซึ่งกองกษาปณ์ได้วิเคราะห์
ด้วยวิธีทางเคมีพบว่าประกอบด้วย เงิน 40 % ทองแดง 50 % นิกเกิล 10 %

4.4 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

การวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุตัวอย่าง
ทำได้โดยวิธีเดียวกันกับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ แต่จะกำหนดเวลาสำหรับ
กระตุ้นให้เกิดรังสีเอกซ์เรืองเพิ่มขึ้น เป็นตัวอย่างละ 1000 วินาที โดยกระตุ้น
และวัดรังสีเอกซ์เรืองจากวัตถุตัวอย่างและวัตถุตัวอย่างมาตรฐานสลับกัน คิกค่อ
กันไป ทั้งนี้ จะต้องมีให้ตำแหน่งของวัตถุตัวอย่าง, วัตถุตัวอย่างมาตรฐาน
และส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่องมือคงที่ตลอดเวลา

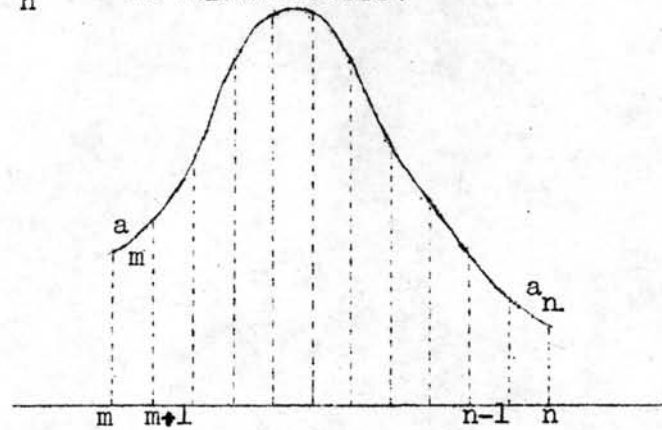
จากสเปกตรัมของรังสีเอกซ์เรืองหรือรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของธาตุใด ๆ
เลือกหาพีคที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในการคำนวณ กล่าวคือจะต้องเป็นพีคที่มี
ปริมาณการเรืองรังสีเอกซ์สูงสุด และไม่ถูกรบกวนจากพีคของรังสีเอกซ์เฉพาะตัว
ของธาตุอื่นที่มีพลังงานใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน หากเป็นกรณีนี้ที่ถูกรบกวนดังกล่าว
จะต้องเลือกพีคที่มีปริมาณการเรืองรังสีเอกซ์รองลงมา

การคำนวณหาพื้นที่ใต้พีค ไซวี่ซีของ Covell

$$N = \sum_{i=m}^n a_i - (a_m + a_n) \frac{(n - m + 1)}{2}$$

N = พื้นที่ใต้พีค ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของอัตรานับจริง

- a_i อัตรานับที่หมายเลขของ i
- a_m อัตรานับที่หมายเลขของ m
- a_n อัตรานับที่หมายเลขของ n



รูปที่ 16 แสดงพื้นที่ใต้พีคของสเปกตรัมของรังสีเอกซ์เฉพาะตัว

จากนั้นนำผลรวมของอัตรานับจริงของวัตถุตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับผลรวมของอัตรานับจริงของวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน ซึ่งทราบปริมาณร้อยละขององค์ประกอบอย่างแน่นอน แล้วคำนวณจากสมการ (2)

$$\frac{P}{P_s} = \frac{N}{N_s} \dots\dots\dots (2)$$

- P = ปริมาณร้อยละของธาตุในวัตถุตัวอย่าง
- P_s = ปริมาณร้อยละของธาตุในวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน
- N = ผลรวมของอัตรานับจริงของวัตถุตัวอย่าง
- N_s = ผลรวมของอัตรานับจริงของวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน

ทำการทดลองเช่นนี้ซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนทางสถิติ แล้วคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากสูตร

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n - 1}$$

เมื่อ P_i = ปริมาณร้อยละของซากุในวัตถุตัวอย่าง จากการวัดครั้งที่ i

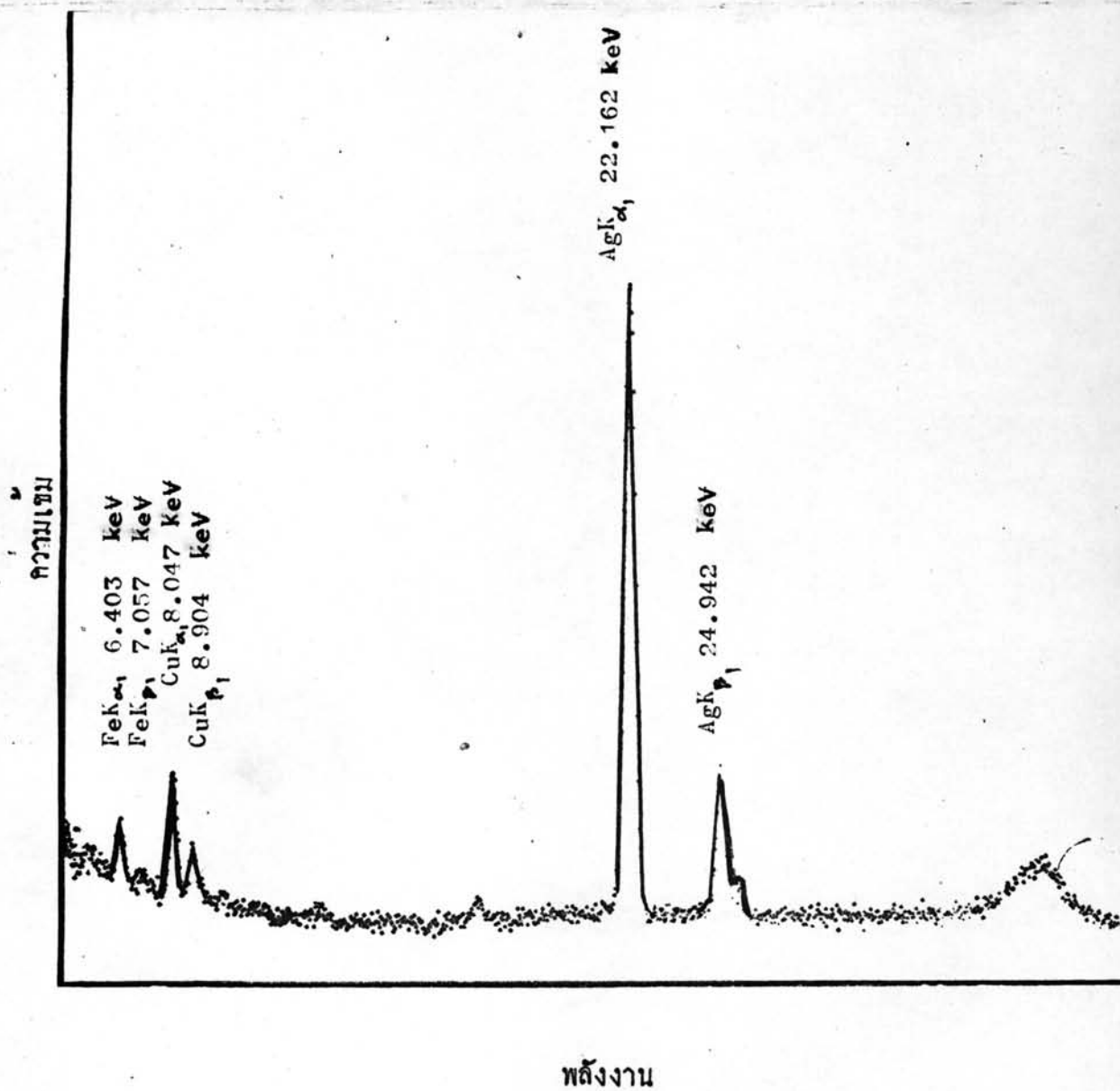
\bar{P} = ค่าเฉลี่ยของปริมาณร้อยละของซากุในวัตถุตัวอย่างจากการวัด n ครั้ง

s = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

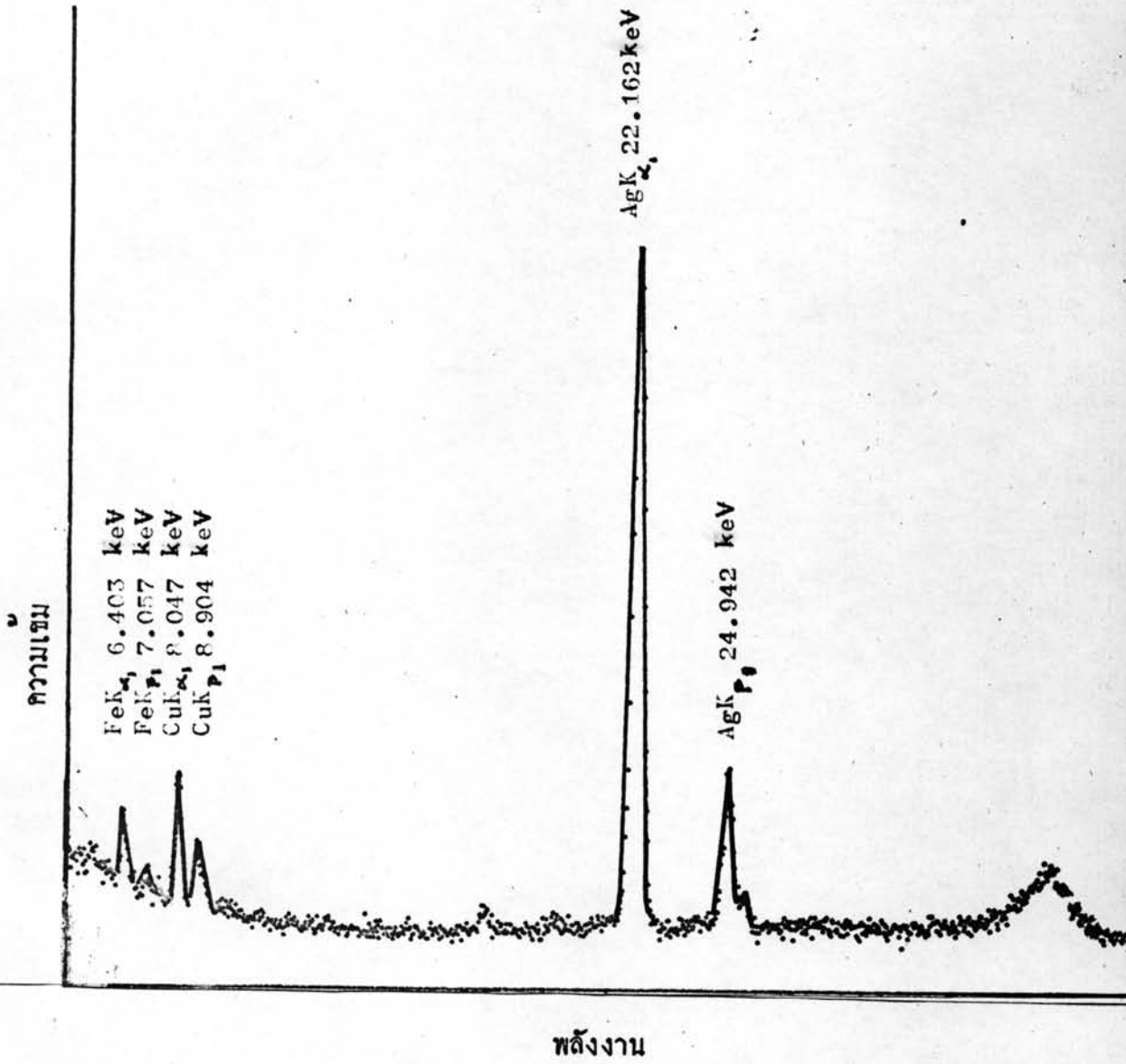
P = ปริมาณร้อยละของซากุในวัตถุตัวอย่าง

เพราะฉะนั้น

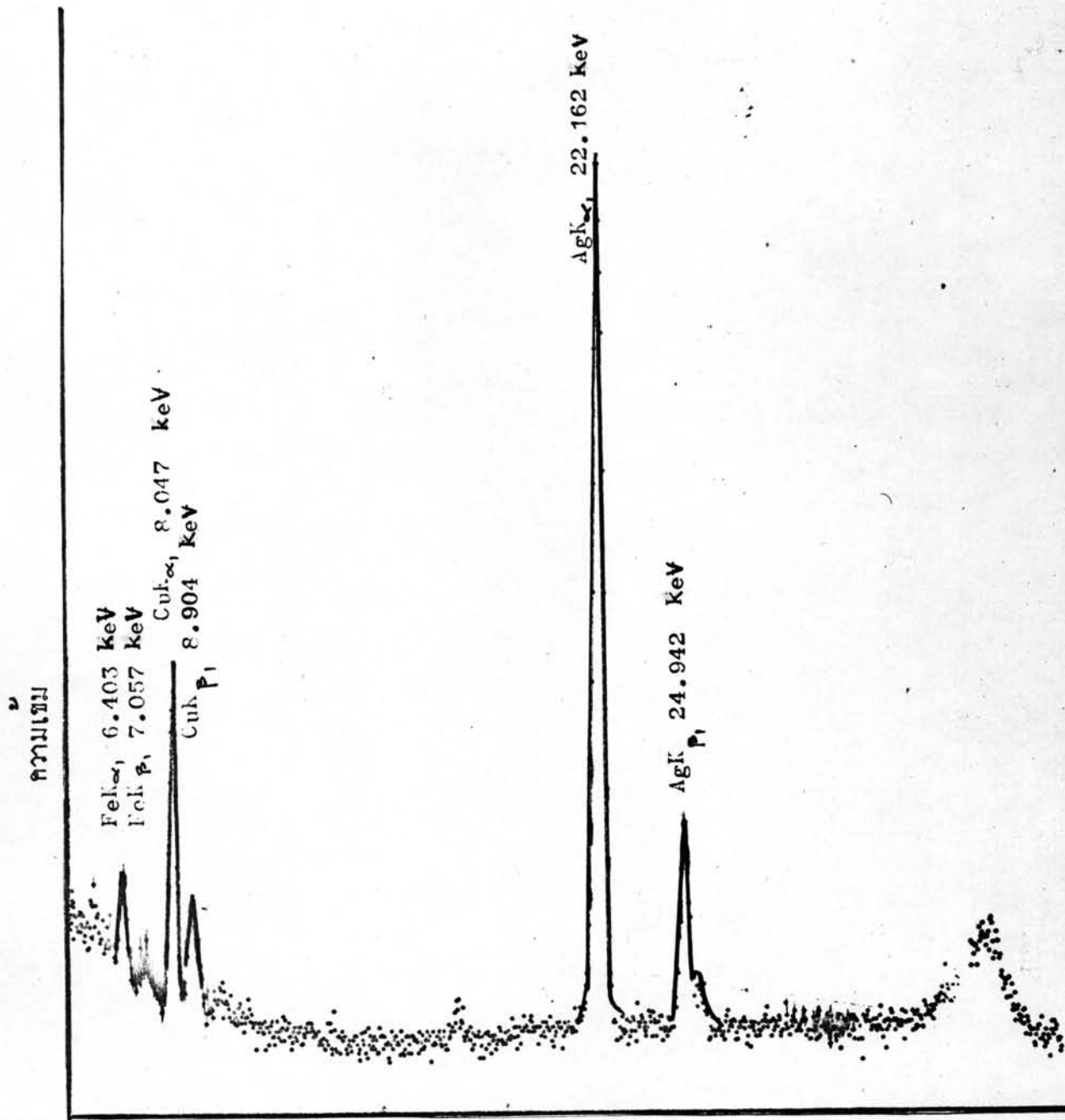
$$P = \bar{P} \pm s$$



รูปที่ 17 สเปกตรัมของเงินพดด้วงสมัยรัชกาลที่ 4 ซึ่งใช้เป็นวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน เมื่อใช้ $^{147}\text{Pm} / \text{Al}$ เป็นสารต้นกำเนิดรังสี

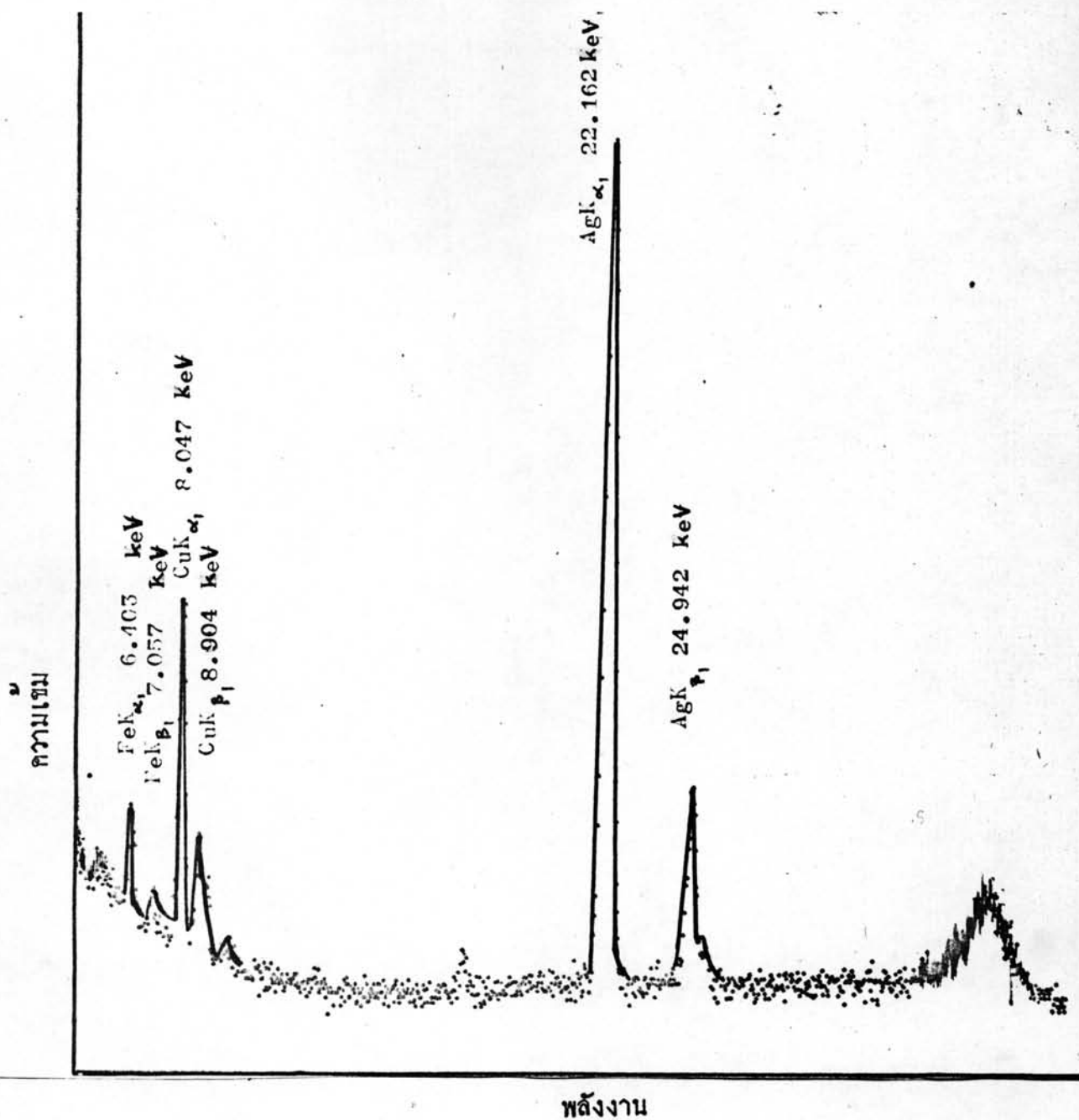


รูปที่ 18 สเปกตรัมของวัตถุตัวอย่างหมายเลข ก - 21 เมื่อใช้ Pm - 147 / A1 เป็นสารต้นกำเนิดรังสี

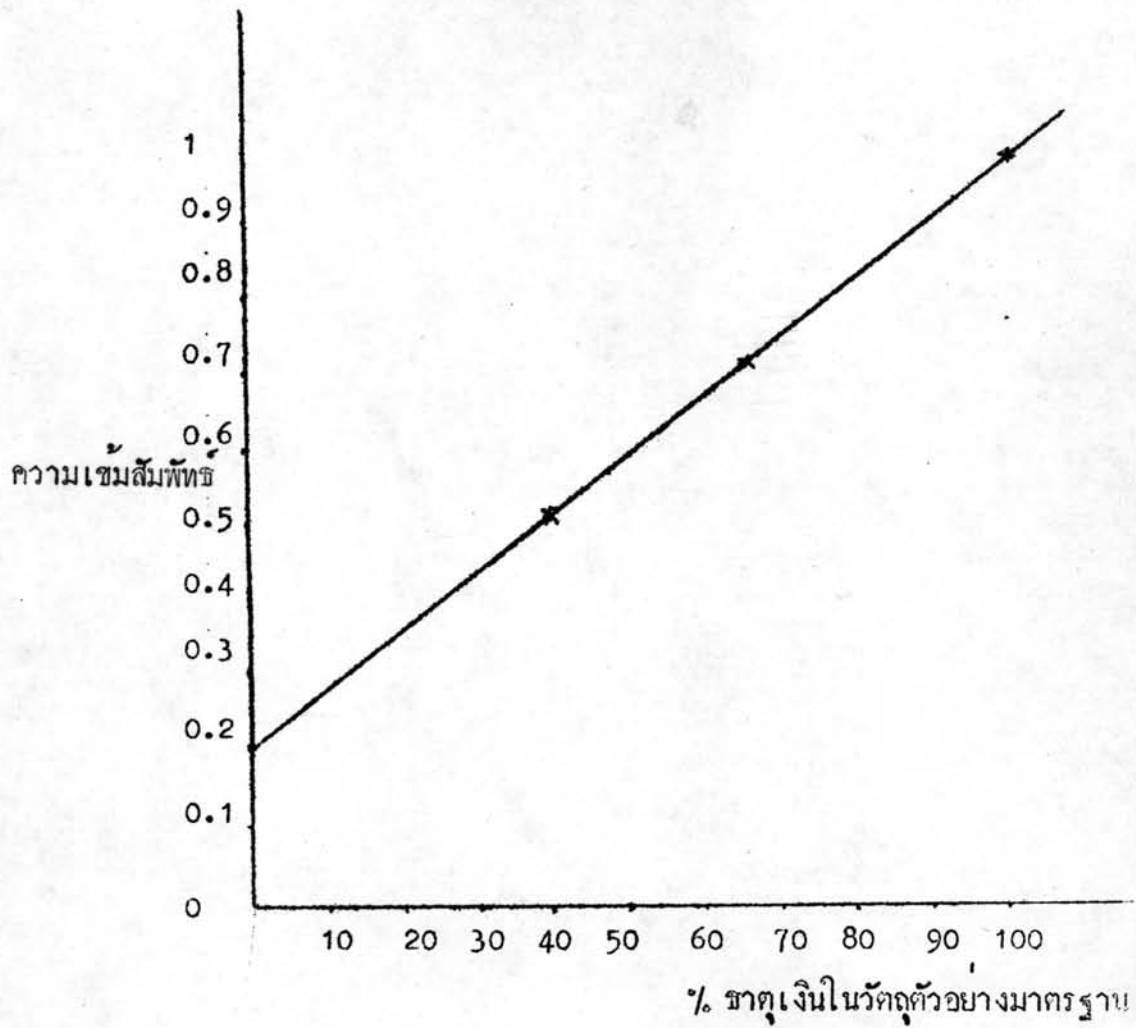


พลังงาน

รูปที่ 19 สเปกตรัมของเหรียญเงินสมัยรัชกาลที่ 6 ซึ่งใช้เป็นวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน เมื่อใช้
 Pm - 147 / Al เป็นสารต้นกำเนิดรังสี



รูปที่ 20 สเปกตรัมของวัตถุตัวอย่างหมายเลข ช - 15 เมื่อใช้ ^{227}Ac - 147 / A1 เป็นสาร
ต้นกำเนิดรังสี



รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีกับ % ชาติเงินในวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน