

วัสดุ เครื่องมือ วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

4.1 วัสดุและเครื่องมือในการวิจัย

4.1.1 วัสดุ และเครื่องมือในการเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังนี้

4.1.1.1 กระดาษกรอง ที่ใช้ในการวิจัยได้แก่

ก. กระดาษกรองใยแก้ว (glass fiber) Whatman type EPM 1000 ขนาด 8 นิ้ว x 10 นิ้ว มีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่าง 99.999 % สำหรับฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 ไมครอน (micron) ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศด้วย high volume air sampler

ข. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

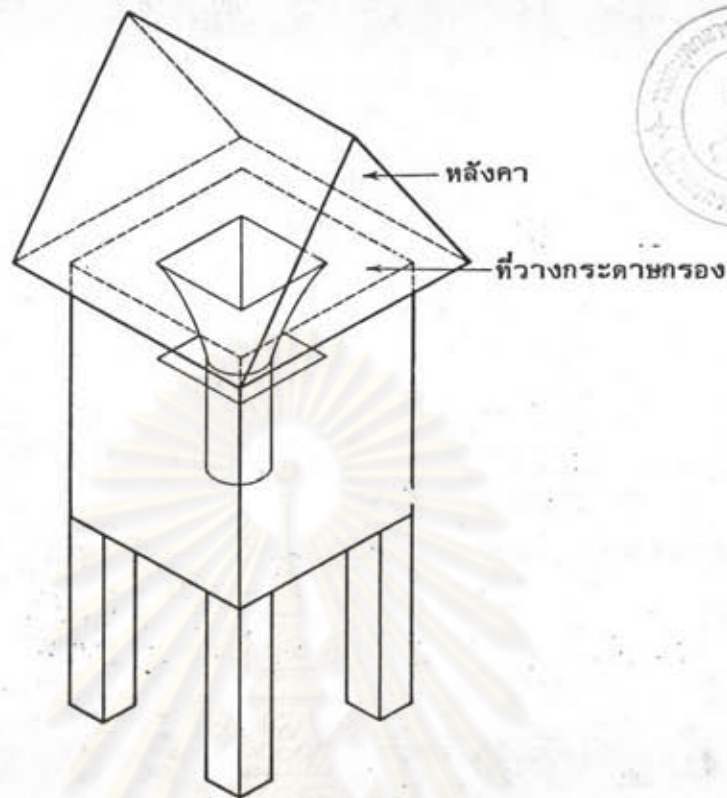
4.7 เซนติเมตร ใช้สำหรับกรองฝุ่นในการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ค. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

4.7 เซนติเมตร ใช้สำหรับการวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อใช้เครื่องวิเคราะห์ EDX ที่ใช้หัววัดพรอพอซันัล

4.1.1.2 เครื่องดูดอากาศ มี 2 แบบ คือ

ก. high volume air sampler สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศปริมาณสูง มีอัตราการดูดอากาศได้ประมาณ 40-45 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที และสามารถทำงานได้ติดต่อกัน 24 ชั่วโมง ที่ใช้ในการวิจัยนี้มี 3 ชุด คือ ที่ศูนย์อาชีวอนามัย กองอนามัย คำบลสำโรง จังหวัดสมุทรปราการ ที่บริเวณที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข ลาดพร้าว บางเขน กรุงเทพมหานคร และที่สถานีตรวจอากาศในบริเวณโรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์ อำเภอมะเขาะ จังหวัดลำปาง



รูปที่ 4.1 แผนภาพของ High Volume Air Sampler

ข. บีมดูดอากาศขนาดเล็ก สำหรับเคลื่อนย้ายไปเก็บตัวอย่างอากาศในที่ต่าง ๆ (ดังภาพที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.25 ก) สามารถดูดอากาศได้สูงสุดในอัตราประมาณ 30 ลิตรต่อนาที

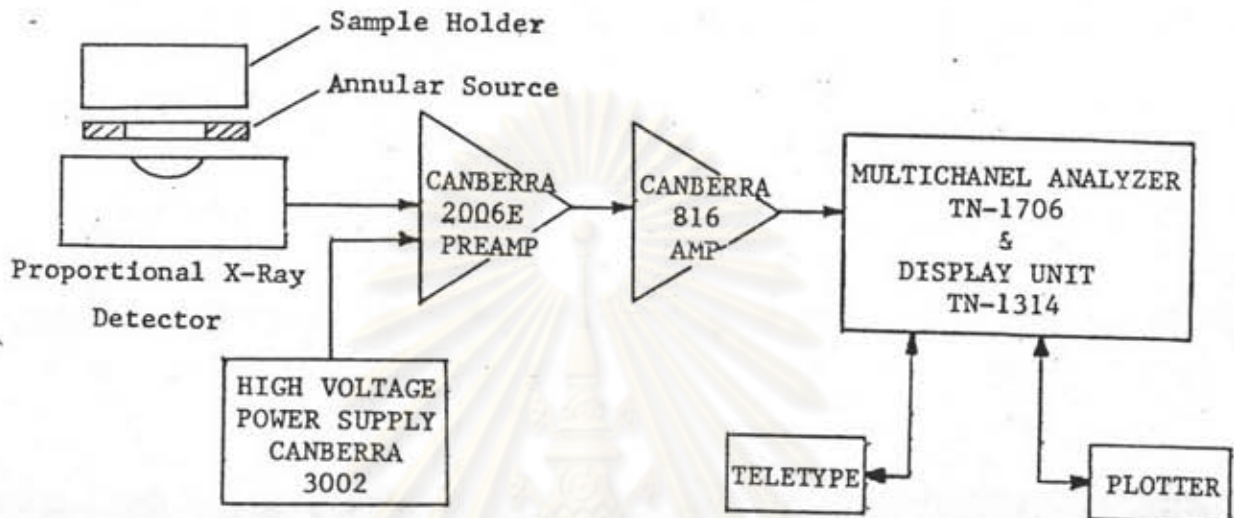
4.1.1.3 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate, Na_2CO_3) ผสมกับกลีเซอรอล (glycerol) อย่างละ 5 % โดยน้ำหนัก สำหรับใช้ชุบกระดาษกรองที่ใช้เก็บตัวอย่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

4.1.2 เครื่องวิเคราะห์ตัวอย่าง

เครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ มี 3 ชุด คือ

4.1.2.1 เครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX แบบใช้ตัววัดรังสีพรอพอชันนัล

(proportional counter) ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 มีต้นกำเนิดรังสีแบบวงแหวน (annular source) 2 ชนิดคือ เหล็ก-55 ความแรง 5 มิลลิวูร์และแคดเมียม-109 ความแรง 5 มิลลิวูร์



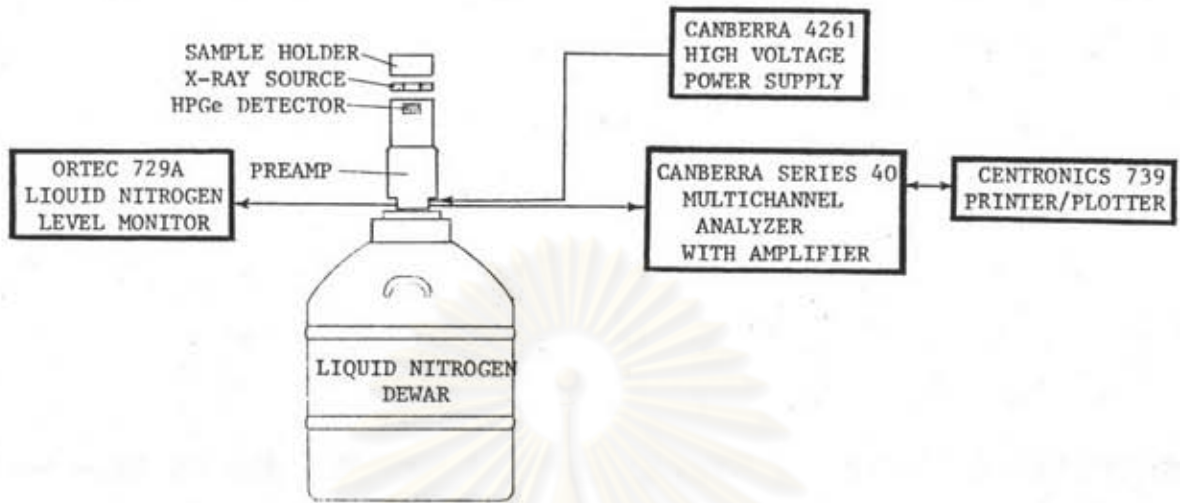
รูปที่ 4.2 แผนภาพเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX แบบใช้หัววัด
พรอพอซันนัล

4.1.2.2 เครื่องวิเคราะห์ EDX แบบใช้หัววัดรังสีเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง

(high purity germanium detector, HPGe) ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ต้นกำเนิดรังสีปฐมภูมิมี 3 ชนิดคือ เหล็ก-55 ความแรง 5 มิลลิวูรี และแคดเมียม-109 ความแรง 5 มิลลิวูรี และพลูโทเนียม-238 ความแรง 5 มิลลิวูรี ทั้งสามชนิดเป็นต้นกำเนิดรังสีแบบวงแหวน

4.1.2.3 เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ของ JEOL model JSX-60PA ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และ 4.5

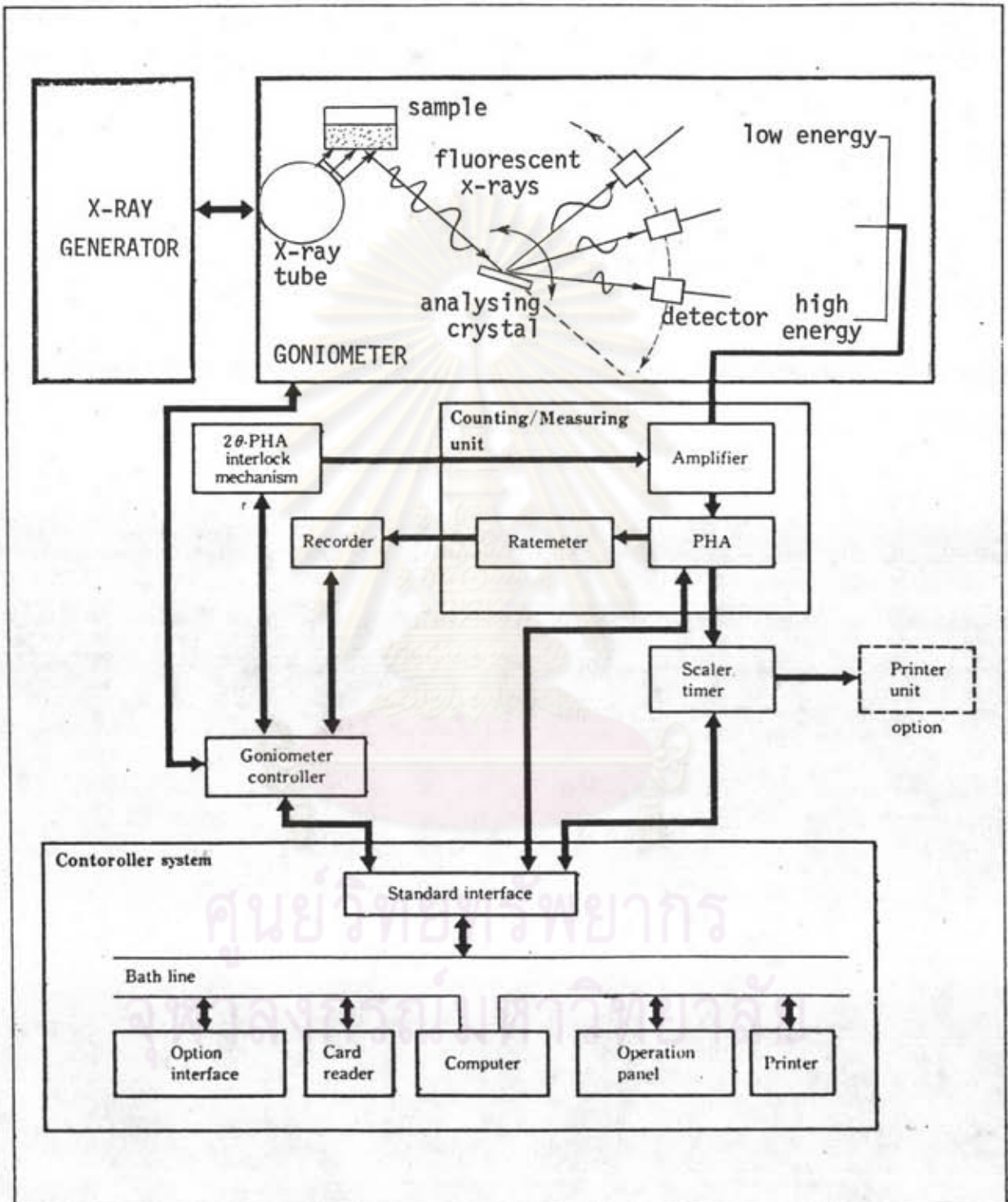
เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX มีผลึกวิเคราะห์ 3 ชนิดคือ RAP (rubidium acid phthalate) EDDT (ethylene diamine d-tartrate) และ LiF (lithium fluoride) ผลึก RAP ใช้สำหรับวิเคราะห์ธาตุเลขอะตอม 9 ถึง 11 EDDT สำหรับธาตุที่มีเลขอะตอม 12 ถึง 18 และ LiF สำหรับธาตุที่มีเลขอะตอม 19 ขึ้นไป



รูปที่ 4.3 แผนภาพ เครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX แบบใช้หัววัด HPGe



รูปที่ 4.4 เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ของ JEOL model JSX-60PA



รูปที่ 4.5 แผนผังของเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ของ JEOL model JSX-60 PA

4.2 ศึกษาความเหมาะสมของเครื่องวิเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างบนกระดาษกรอง

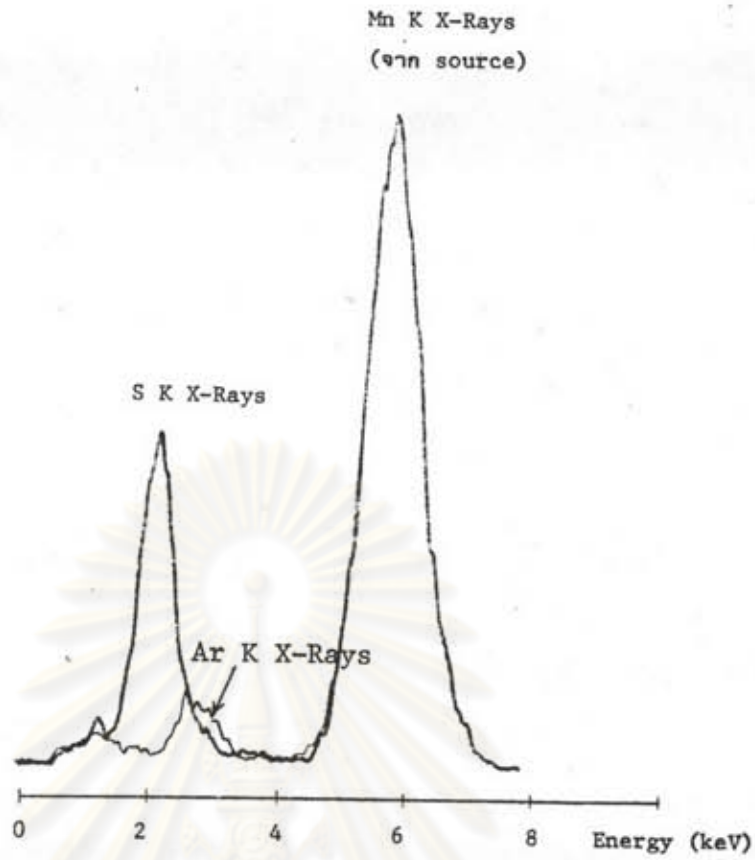
4.2.1 เปรียบสารมาตรฐาน ตะกั่ว กัมมะถัน แมงกานีส และสารหนู ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เพื่อใช้ในการปรับเทียบเครื่องวิเคราะห์ และหาขีดจำกัดในการวิเคราะห์

4.2.2 ศึกษาความเหมาะสมของเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX แบบที่ใช้หัววัดพรอพอชันนัล ในการวิเคราะห์ตะกั่วกัมมะถัน แมงกานีส และสารหนู มีขั้นตอนดังนี้

4.2.2.1 ปรับเทียบเครื่องวิเคราะห์และศึกษาค่าแห่งของพีค (peak) ของรังสีเอกซ์เรืองของตะกั่ว กัมมะถัน แมงกานีสและสารหนู เพื่อดูการรบกวนซึ่งกันและกันของพีคเหล่านี้ ในการวัดกัมมะถันได้เลือกใช้คันทำเกิดรังสี เหล็ก-55 เพราะให้รังสีเอกซ์ที่มีพลังงาน 5.898 keV ซึ่งสูงกว่า $K_{ab, edge}$ ของกัมมะถันอยู่ไม่มาก ($K_{ab, edge}$ ของกัมมะถัน = 2.470 keV) จึงมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นให้เกิดรังสีเอกซ์เรืองของกัมมะถันดีกว่าโดยดู K x-rays ของกัมมะถัน ส่วนตะกั่ว แมงกานีส และสารหนู เลือกใช้คันทำเกิดรังสีแคดเมียม-109 ซึ่งให้รังสีเอกซ์ปฐมภูมิ พลังงาน 22.1 และ 25.0 keV และวัด K x-rays ของแมงกานีส และสารหนู ส่วนตะกั่วต้องวัด L x-rays เนื่องจาก K x-rays มีพลังงานสูง เกินกว่าที่หัววัดพรอพอชันนัลจะวัดได้

อนึ่งในการวัด K x-rays ของกัมมะถันจากสารมาตรฐานที่หยคบนกระดาษกรองใยแก้ว ได้พบว่ามีกรรบกวนจาก K x-rays ของแคลเซียมซึ่งมาจากกระดาษกรองใยแก้ว (ดังแสดงในรูปที่ 4.7) จึงต้องเปลี่ยนไปใช้สารมาตรฐานที่หยคบนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 แทน และจะใช้กระดาษกรองชนิดนี้สำหรับการวัดกัมมะถันโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ชุดนี้ต่อไปตลอด

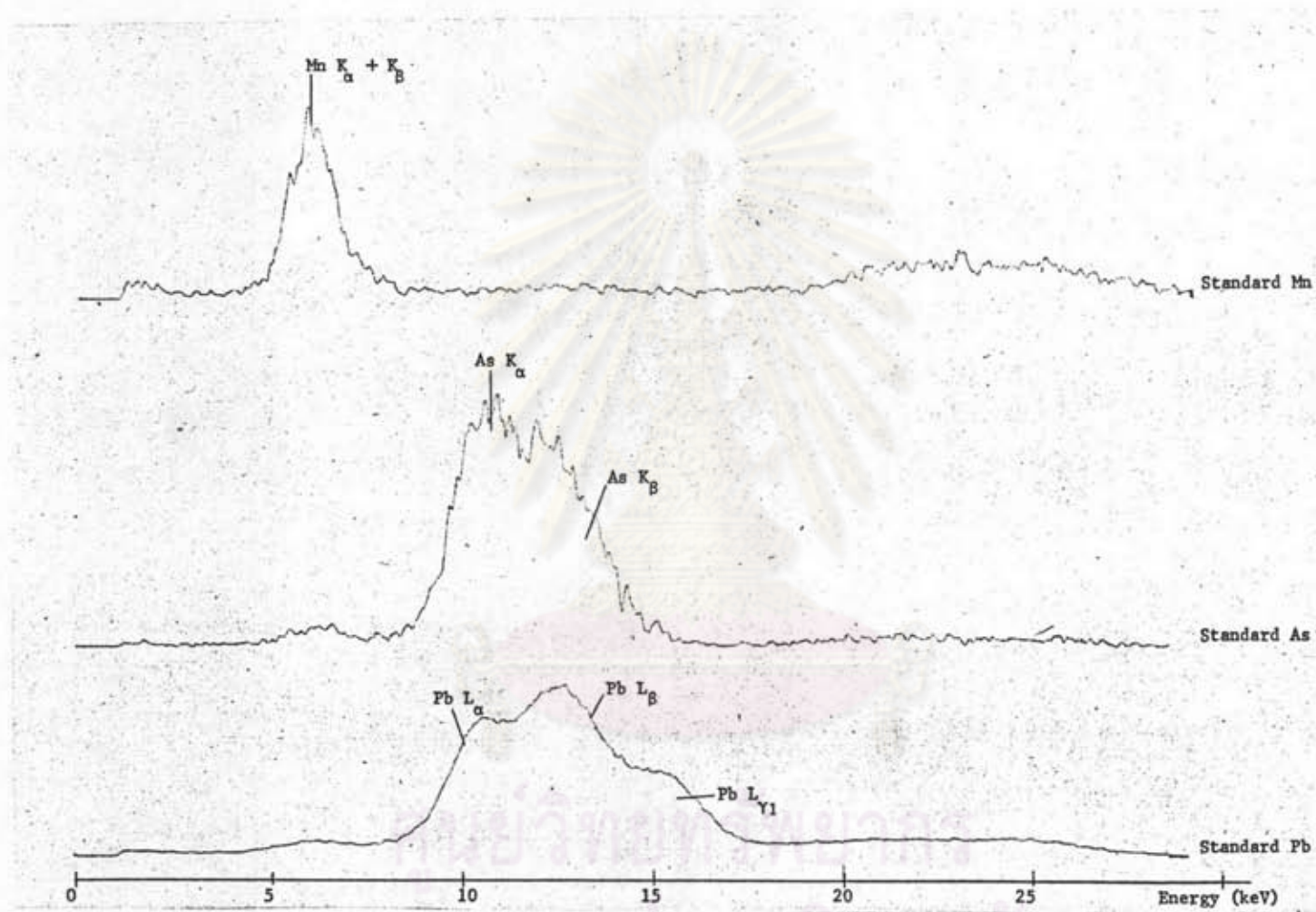
ผลการศึกษารบกวนของพีคพบว่า พีค K x-rays ของสารหนูซ้อนทับกับ L x-rays ของตะกั่วการวิเคราะห์ตะกั่วและสารหนูพร้อมกันไม่ได้ สำหรับ K x-rays ของแมงกานีสมีการรบกวนจากแมคกราวนด์ ซึ่งเป็นรังสีเอกซ์เรืองของเหล็ก โครเมียม และนิกเกิลในเหล็กไร้สนิมที่ทำคันทำเกิดรังสี การวิเคราะห์แมงกานีสปริมาณต่ำอาจทำให้ผลการวัดรังสีผิดพลาดมากได้ จึงได้ศึกษาการใช้เครื่องวิเคราะห์ชุดนี้เพียงเพื่อการวิเคราะห์กัมมะถันเท่านั้น



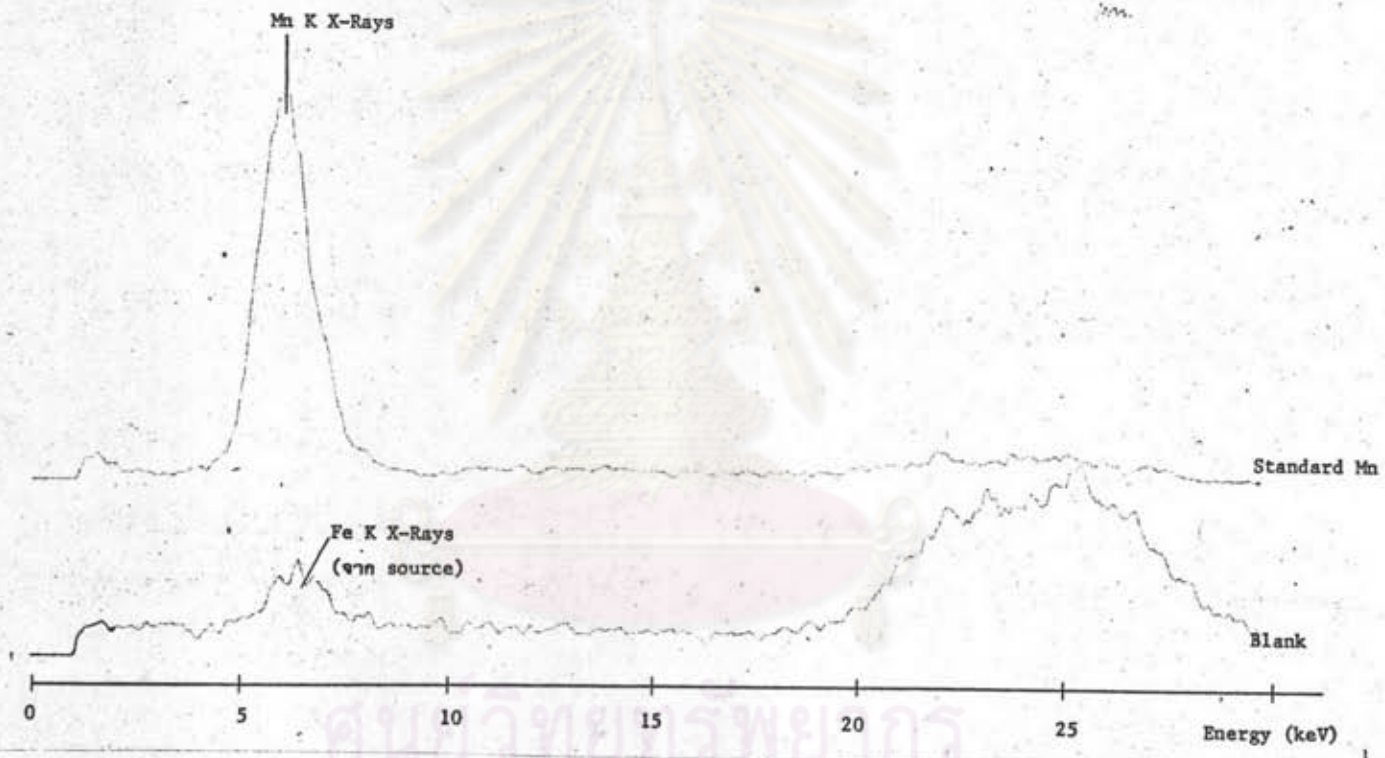
รูปที่ 4.6 ลักษณะและตำแหน่งของพีคของ S K x-rays เมื่อกระตุ้นด้วย
ต้นกำเนิดรังสี เหล็ก-55 (ใช้หัววัดพรอพอชันนัล)



รูปที่ 4.7 แสดงการรบกวนของ Ca K X-Rays จากกระดาศกรองใยแก้ว
ต่อ S K X-Rays (ใช้หัววัดพรอพอชันนัล)



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะและตำแหน่งพีคของ Mn K X-Rays, As K X-Rays และ Pb L X-Rays เมื่อใช้หัววัดพรอพอชันนัล ต้นกำเนิดรังสีแคดเมียม-109



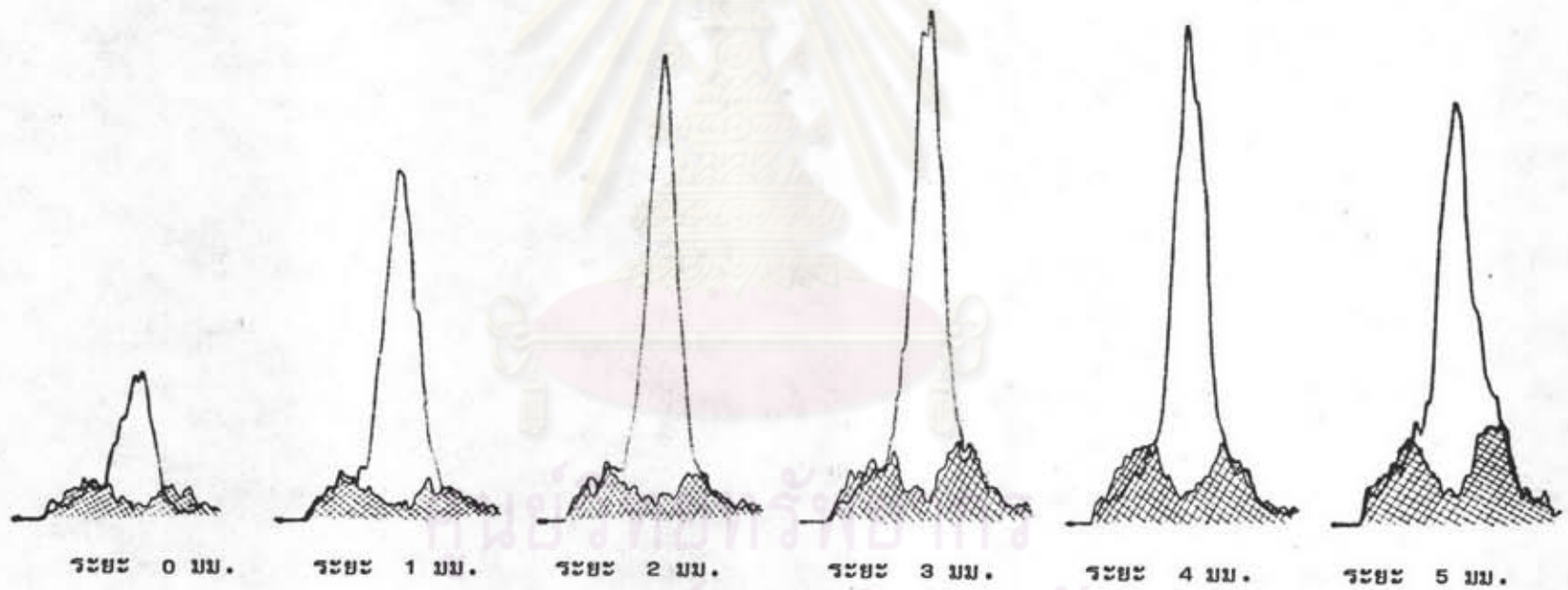
รูปที่ 4.9 แสดงการรบกวนของแมคกราวนด์คือ Mn K x-rays เมื่อใช้หัววัด
พรอพอชันนัล ต้นกำเนิดรังสีแคดเมียม-109

4.2.2.2 ทหาระยะที่เหมาะสมระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์กัมมันต์ จากผลการทดลองในหัวข้อที่ผ่านมาพบว่า ในการวัด K x-rays ของกัมมันต์ได้มีการรบกวนจาก K x-rays ของอาร์กอน ซึ่งมีพลังงานใกล้เคียงกัน กล่าวคือ K x-rays ของกัมมันต์มีค่าเท่ากับ 2.308 keV และ K x-rays ของอาร์กอนมีค่าเท่ากับ 2.957 keV โดยที่พบว่า K x-ray ของอาร์กอนนั้นมาจากอาร์กอนที่ปนอยู่ในอากาศที่อยู่ระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่าง ซึ่งเป็นกระดาศกรอง (ในอากาศมีก๊าซอาร์กอนปนอยู่ราวร้อยละ 1) จึงได้คิดแก้ปัญหาโดยการหาระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างซึ่งคาดว่าจะ เป็นระยะห่างที่น้อยแต่ต้องมีประสิทธิภาพในการวัด K x-rays ของกัมมันต์ที่สุด จึงได้ทดลองวัดความเข้มข้นของ K x-rays ของกัมมันต์จากตัวอย่างเดียวกันที่ระยะต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 ถึง 6 มิลลิเมตร เทียบกับการวัดแมคกราวนด์ (background) ในช่วงที่คของกัมมันต์ โดยใช้ตัวอย่างกระดาศกรองที่ไม่มีกัมมันต์ ซึ่งพบว่าระยะห่างที่เหมาะสมคือระยะห่าง 3 มิลลิเมตร ซึ่งแสดงผลไว้ในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของ S K X-Rays และแมคกราวนด์ที่ระยะต่าง ๆ

ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่าง (มิลลิเมตร)	ความเข้มข้นของ S K X-Rays (จำนวนนับ/นาที)	ความเข้มข้นของแมคกราวนด์ (จำนวนนับ/นาที)	ความเข้มข้นของ S K X-Rays สุทธิ (จำนวนนับ/นาที)
0	1502	323	1179
1	1951	445	1506
2	2619	545	2074
3	2989	793	2196
4	2938	925	2013
6	2802	1003	1799

= S K X-RAYS
 = background + Ar K X-Rays



รูปที่ 4.10 แสดงการรบกวนของ Ar K X-Rays ต่อ S K X-Rays ที่ระยะห่าง
 ระหว่างคันท้าเน็ดรังสีกับตัวอย่างต่าง ๆ กัน

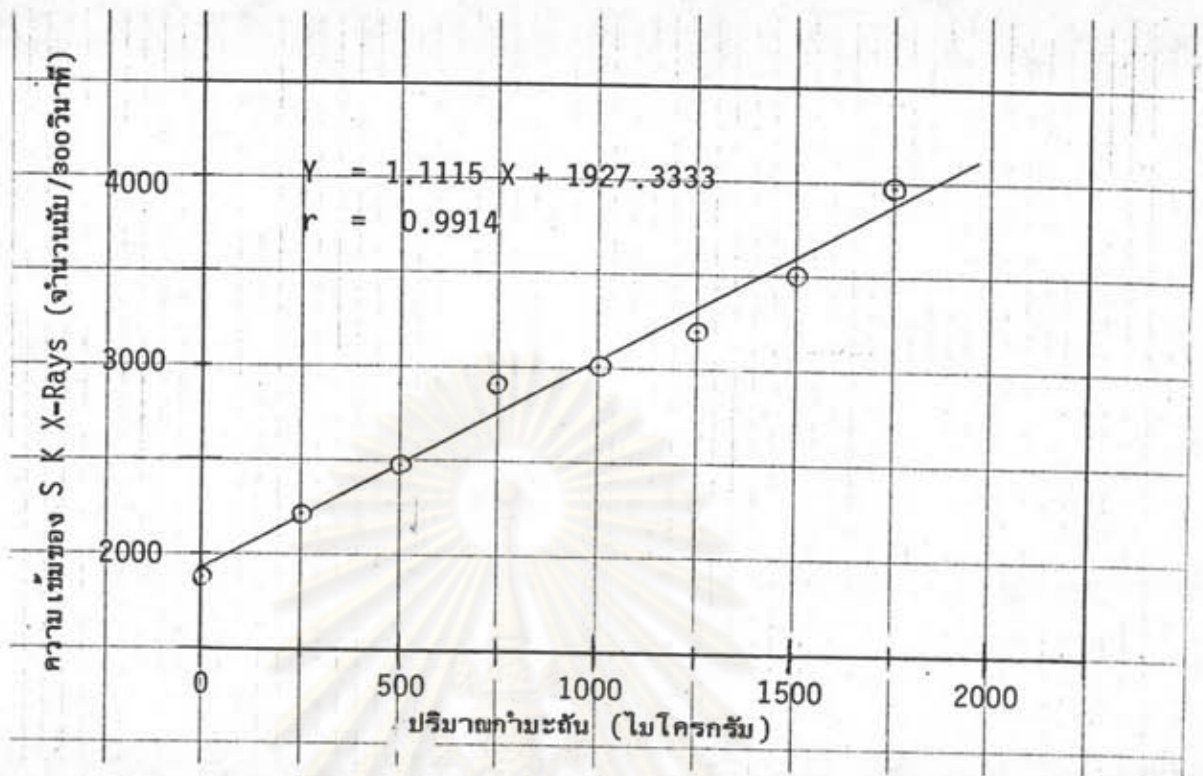
4.2.2.3 ทาษีคจำกัคในการวิเคราะห์กำมะถัน

ได้ทาการเตรียมสารมาตรฐานกำมะถัน ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน หยดลงบนกระดาษกรองให้มีปริมาณกำมะถัน ตั้งแต่ 0 ไมโครกรัม จนถึง 1750 ไมโครกรัม แล้วทา การวัดความเข้มของ K x-rays ของกำมะถัน เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานและทาษีคจำกัคในการ วิเคราะห์ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และกราฟรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.2 ผลการวัด K X-Rays ของกำมะถันจากกระดาษกรองที่หยดสารมาตรฐาน กำมะถันปริมาณต่าง ๆ กัน (เครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX, หัววัดพรอพอชันนัล)

ปริมาณกำมะถัน (ไมโครกรัม)	ความเข้มของ S K X-Rays (จำนวนนับ/300 วินาที)
0	1898
250	2203
500	2491
750	2903
1000	3018
1250	3200
1500	3501
1750	3985

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับ ปริมาณกำมะถัน (ใช้หัววัดพรอพอซันนัล ดันกำเนิดรังสีเหล็ก-55)

จากข้อมูลที่ได้สามารถคำนวณขีดจำกัดในการวิเคราะห์ได้ ตามสมการ (5) ในภาค
ผนวก ดังนี้

$$LLD = \frac{2\sqrt{2}}{m} \sqrt{\frac{R_b}{T}}$$

LLD คือ ขีดจำกัดในการวิเคราะห์

R_b คือ จำนวนนับของแบคกราวนด์ = 1927.333/300

T คือ เวลาในการนับรังสีรวม = 600 วินาที

m คือ จำนวนนับของ S K x-rays ต่อกำมะถัน 1 ไมโครกรัมต่อวินาที
 $= \frac{1.11153}{300} = 3.705 \times 10^{-3}$

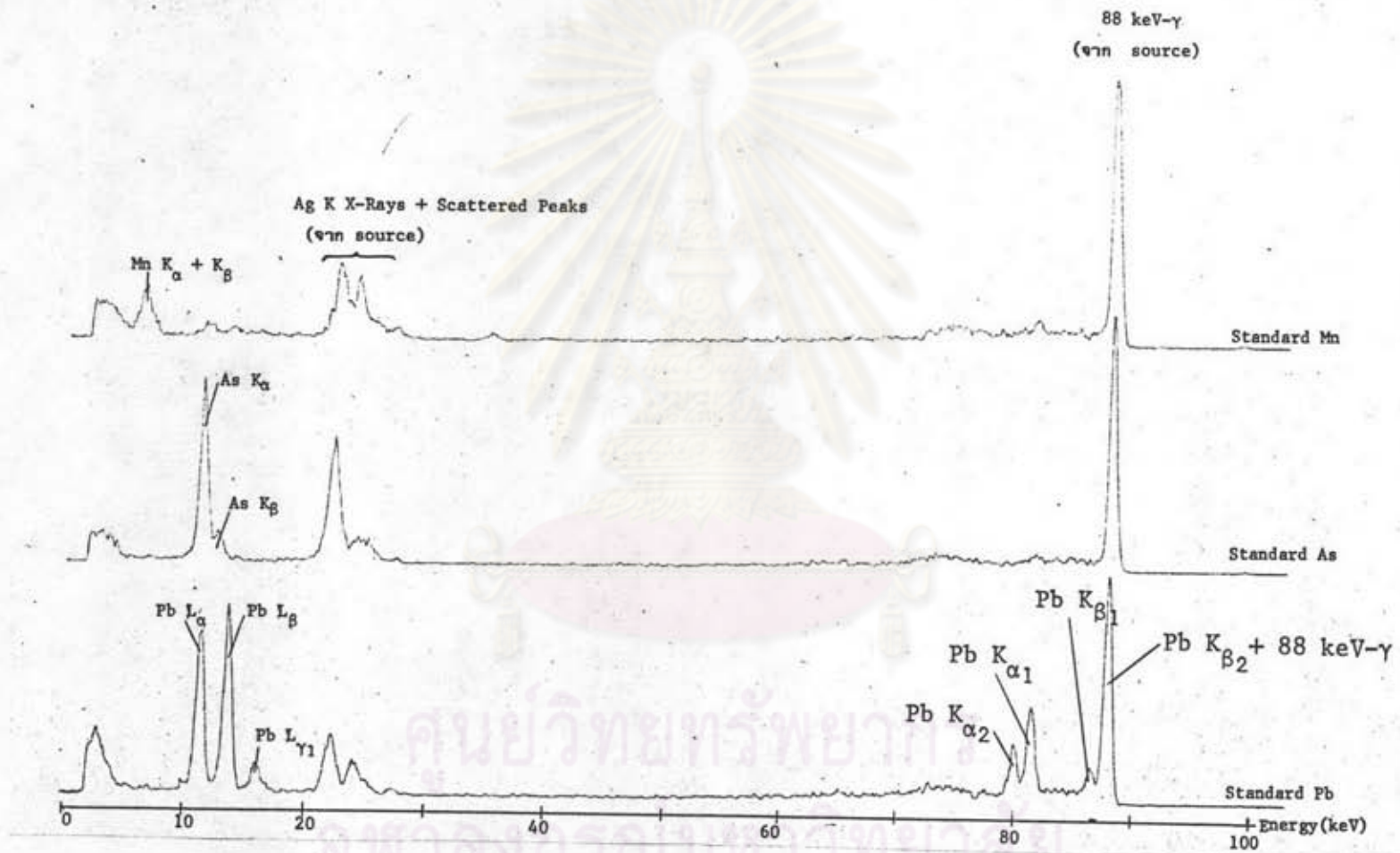
$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น LLD} &= \frac{2\sqrt{2}}{3.705 \times 10^{-3}} \sqrt{\frac{1927.3333/300}{600}} \\ &= 79.00 \end{aligned}$$

ขีดจำกัดในการวิเคราะห์กำมะถัน = 79.00 ไมโครกรัม

4.2.3 ศึกษาความเหมาะสมของเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX แบบที่ใช้หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงในการวิเคราะห์ตะกั่ว กัมมะดัน แมงกานีส และสารหนู มีขั้นตอนดังนี้

4.2.3.1 ทำการทดลองเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 4.2.2.1 แต่สำหรับกัมมะดัน ไม่ได้ทำการศึกษา เนื่องจากหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงมีประสิทธิภาพในการวัดรังสีเอกซ์พลังงานต่ำอย่างเช่นรังสีเอกซ์เรืองของกัมมะดันไม่ได้ จึงได้ศึกษาเฉพาะตำแหน่งของพีคของรังสีเอกซ์เรืองจากตะกั่ว แมงกานีส และสารหนู ตลอดจนการรบกวนของพีคดังกล่าวนี้ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้แคดเมียม-109 เป็นต้นกำเนิดรังสีปฐมภูมิจะสามารถวัดรังสีเอกซ์เรืองของตะกั่วได้ทั้ง K และ L x-rays เนื่องจากต้นกำเนิดรังสีชนิดนี้มีรังสีแกมมา พลังงาน 88.0 keV ออกมาด้วย ($K_{ab,edge}$ ของตะกั่ว = 88.0 keVพอดี) จึงสามารถกระตุ้นให้เกิด K x-rays ได้ด้วย สำหรับแมงกานีสและสารหนูนับวัดได้เฉพาะ K x-rays ลักษณะพีคของแต่ละธาตุเมื่อวัดด้วยหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงมีรีโซลูชัน (resolution) ดีกว่าเมื่อใช้หัววัดพรอพอร์ชันนัลมาก สามารถเห็น L x-rays ของตะกั่วแยกเป็น L_{α} , L_{β} และ L_{γ} อย่างชัดเจน K x-rays ของตะกั่วเห็นแยกเป็น $K_{\alpha 1}$, $K_{\alpha 2}$, $K_{\beta 1}$ และ $K_{\beta 2}$ K x-rays ของสารหนูจะเห็น K_{α} กับ K_{β} แยกกันชัดเจน แต่แมงกานีส K_{α} กับ K_{β} แยกกันไม่ออก ดังแสดงในรูปที่ 4.12 อย่างไรก็ตามปัญหาเรื่องพีคของ K x-rays ของสารหนูซ้อนทับ L x-rays ของตะกั่วยังมีอยู่ แต่ในการใช้หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงดีกว่าตรงที่สามารถเลือกวัดรังสีเอกซ์เรืองพีคอื่น ๆ ของตะกั่วได้ จึงใช้วิเคราะห์ตะกั่วได้ แต่วิเคราะห์สารหนูไม่ได้

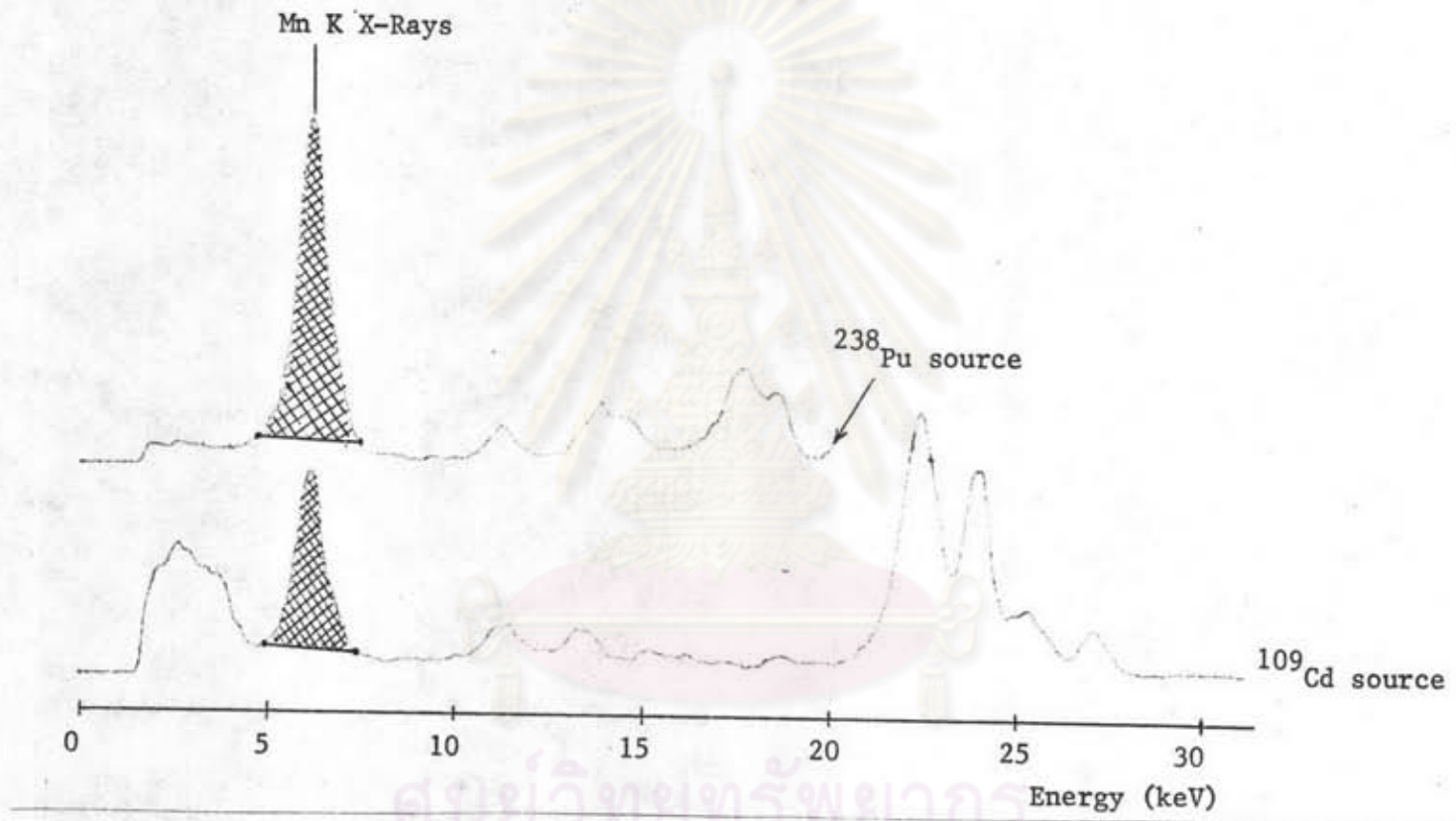
สำหรับการรบกวนของรังสีเอกซ์เรืองจากเหล็ก โครเมียม นิกเกิล ที่มาจากต้นกำเนิดรังสีคือ K x-rays ของแมงกานีสไม่ปรากฏ แต่ประสิทธิภาพในการวัดรังสีเอกซ์เรืองของแมงกานีสไม่ดีนัก เนื่องจาก K x-rays ของแมงกานีสมีพลังงานต่ำราว 6 keV จึงได้ทดลองเปลี่ยนไปใช้ต้นกำเนิดรังสีพลูโทเนียม-238 แทนแคดเมียม-109 ผลการทดลองพบว่า พีคของ K x-rays ของแมงกานีสมีความเข้มสูงขึ้น แต่ก็มีปัญหาเกี่ยวกับการถูกรบกวนจาก เอสเคปพีค (escape peak) ของ L x-rays ของยูเรเนียมที่ปลดปล่อยออกมาจากพลูโทเนียม-238 และ Fe K x-rays ที่มาจากต้นกำเนิดรังสี ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว เห็นว่าการวิเคราะห์แมงกานีสปริมาณต่ำจะมีปัญหาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงได้ศึกษาทดลองต่อเฉพาะการวิเคราะห์ตะกั่วเท่านั้น เพราะเห็นว่าสามารถหลีกเลี่ยงไปใช้พีคที่ไม่ถูกรบกวนได้ อย่างไรก็ตามได้ทดลองอัดสารมาตรฐานแมงกานีสบนกระดาษกรองและพบว่าขีดจำกัดในการวิเคราะห์ในทางปฏิบัตินี้มีค่าประมาณ 1000 ไมโครกรัม เมื่อใช้เวลานับรังสี 300 วินาที



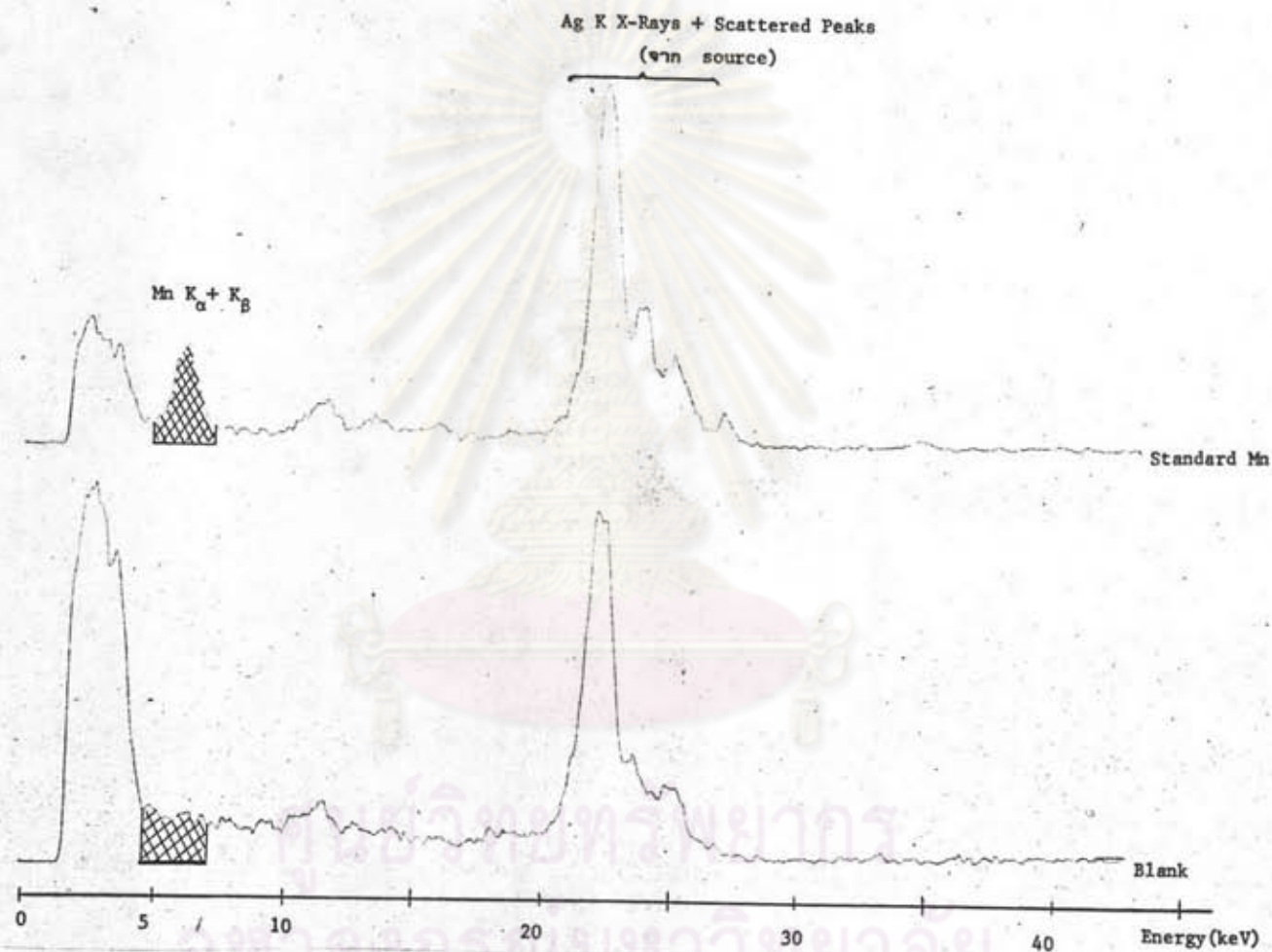
รูปที่ 4.12 ลักษณะสเปกตรัมของ Mn K X-Rays, As K X-Rays

Pb K และ L X-Rays เมื่อใช้หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง

และกระตุ้นด้วยต้นกำเนิดรังสีแคดเมียม-109

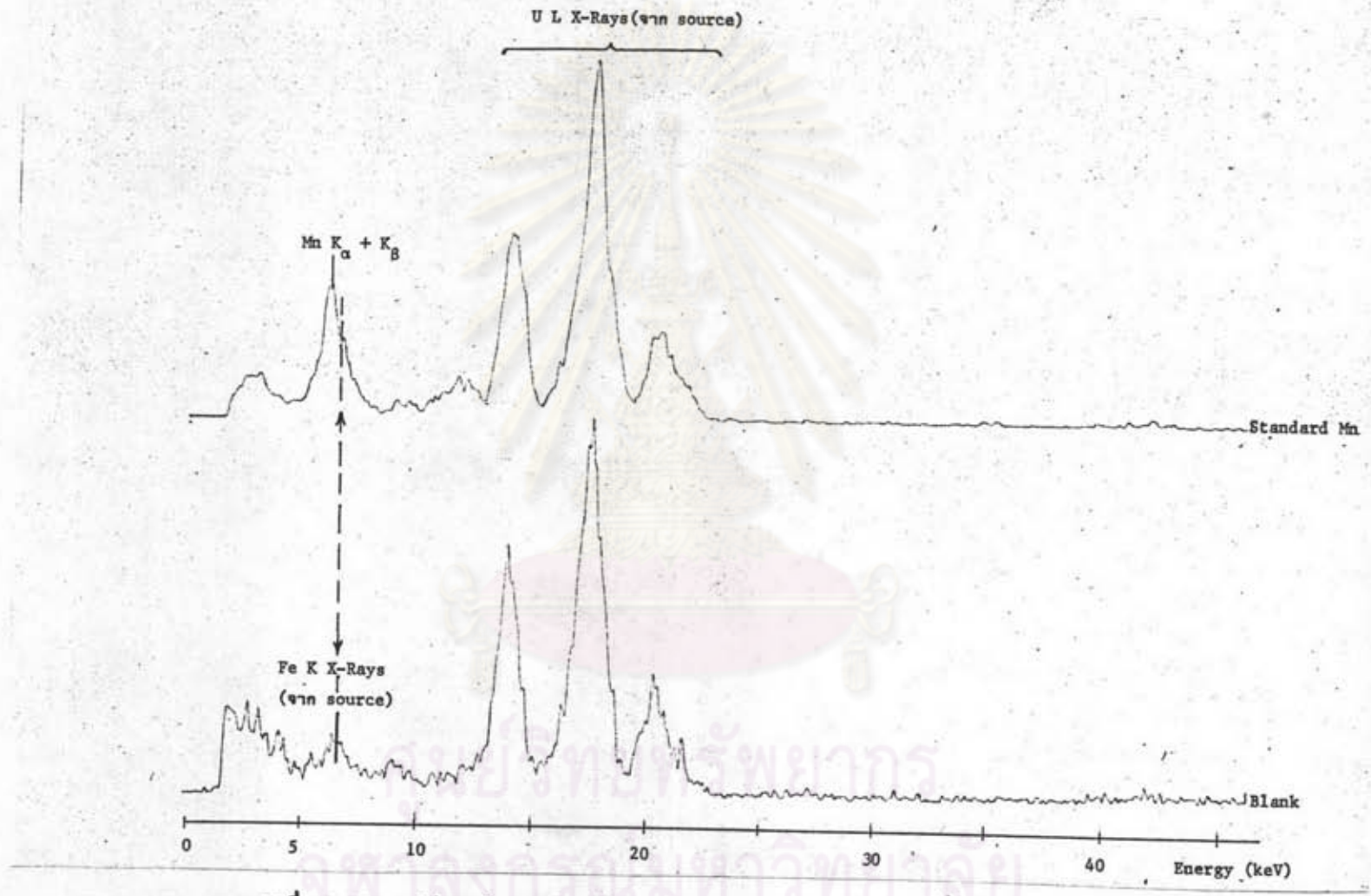


รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบพีคของ Mn K X-Rays เมื่อใช้
 ต้นกำเนิดรังสีแคดเมียม-109 กับพลูโทเนียม-238



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบสเปกตรัมของ Mn K X-Rays กับแมคกราวนด์ เมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสี

แคดเมียม-109 (ใช้หัววัดรังสี HPGe)



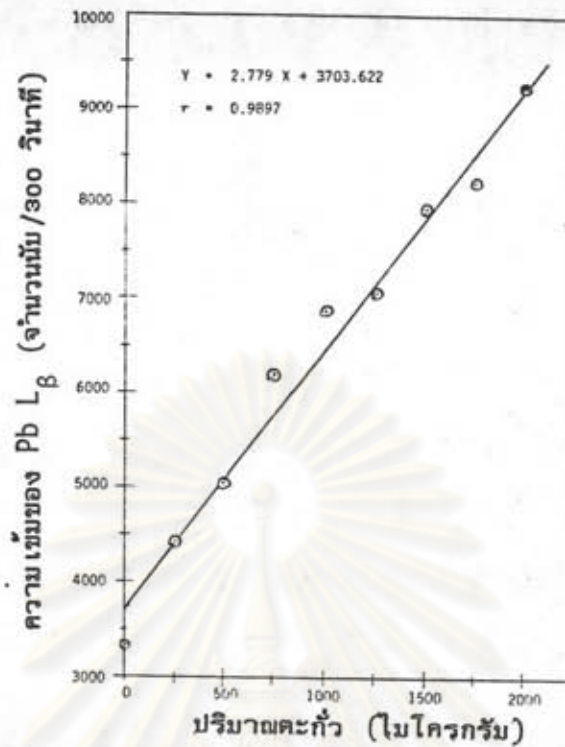
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบสเปกตรัมของ Mn K X-Rays กับแมกนีเซียมเมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสี
 พลูโทเนียม-238 (ใช้หัววัดรังสี HPGe)

4.2.3.2 ท้ายที่สุดจำกัดในการวิเคราะห์ตะกั่ว เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำไปหยดบนกระดาษกรองให้มีปริมาณตะกั่วตั้งแต่ 0 ไมโครกรัมจนถึง 2000 ไมโครกรัม แล้ววัดความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองของตะกั่ว โดยได้เลือกวัดสองพีค คือ L_{β} กับ $K_{\alpha 1}$ เนื่องจาก L_{α} ไปซ้อนทับกับ As K_{α} ส่วน L_{γ} กับ $K_{\alpha 2}$ และ $K_{\beta 1}$ มีความเข้มค่า $K_{\beta 2}$ ซ้อนทับรังสีแกมมาพลังงาน 88 keV จากต้นกำเนิดรังสี (ดังแสดงในรูปที่ 4.12) จึงเหลือเพียง L_{β} กับ $K_{\alpha 1}$ (ถึงแม้ว่า L_{β} จะอยู่ติดกับ As K_{β} ก็ตามแต่ผลของ As K_{β} ต่อ Pb L_{β} มีน้อยเพราะความเข้มของ As K_{β} ค่า) แต่ถ้าสารหนูในตัวอย่างมีปริมาณสูงก็สามารถเสี่ยงไปวัด Pb $K_{\alpha 1}$ แทนได้ ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และกราฟในรูปที่ 4.16

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดรังสีเอกซ์เรือง $K_{\alpha 1}$ และ L_{β} ของตะกั่วบนกระดาษกรองที่หยดสารละลายมาตรฐานตะกั่วปริมาณต่าง ๆ กัน (เครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX, หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง)

ปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรอง (ไมโครกรัม)	ความเข้มของ Pb $K_{\alpha 1}$ (จำนวนนับ/300 วินาที)	ความเข้มของ Pb L_{β} (จำนวนนับ/300 วินาที)
0	7051	3333
250	6828	4426
500	7013	5035
750	6980	6198
1000	6950	6879
1250	7065	7067
1500	6999	7952
1750	6763	8221
2000	6771	9232

จากผลการวัดความเข้มของ Pb K_{α} พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับแบบกราฟน็อค แสดงว่าการวิเคราะห์ตะกั่วโดยใช้ Pb K_{α} มีขีดจำกัดในการวิเคราะห์สูงกว่า 2000 ไมโครกรัม ซึ่งสูงเกินไปสำหรับการวิเคราะห์ตะกั่วปริมาณน้อยบนกระดาษกรอง ในการวิเคราะห์ธาตุในอากาศ



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ รังสีเอกซ์เรือง $Pb L_{\beta}$ กับปริมาณตะกั่ว (ใช้ตัววัดรังสีเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง, ต้นกำเนิดรังสีแคดเมียม-109)

คำนวณขีดจำกัดในการวิเคราะห์ได้เช่นเดียวกับในหัวข้อ 4.2.2.3 เมื่อใช้พีคของ $Pb L_{\beta}$ ได้ขีดจำกัดในการวิเคราะห์ ดังนี้

$$LLD = \frac{2 \sqrt{2}}{2.779/300} \sqrt{\frac{3703.622/300}{600}}$$

$$= 43.80 \text{ ไมโครกรัม}$$

4.2.4 ศึกษาความเหมาะสมของเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ในการวิเคราะห์ตะกั่ว กัมมะถัน แมงกานีส และสารหนูบนตัวอย่างกระดาษกรอง มีขั้นตอนดังนี้

4.2.4.1 ศึกษาตำแหน่งพีคของรังสีเอกซ์เรืองของตะกั่ว กัมมะถัน แมงกานีส และสารหนู

เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX มีรีโซลูชัน (resolution) ต่ำมากเมื่อเทียบกับเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX ประกอบด้วยมีขีดจำกัดในการวิเคราะห์ต่ำมากเพราะใช้หลอด

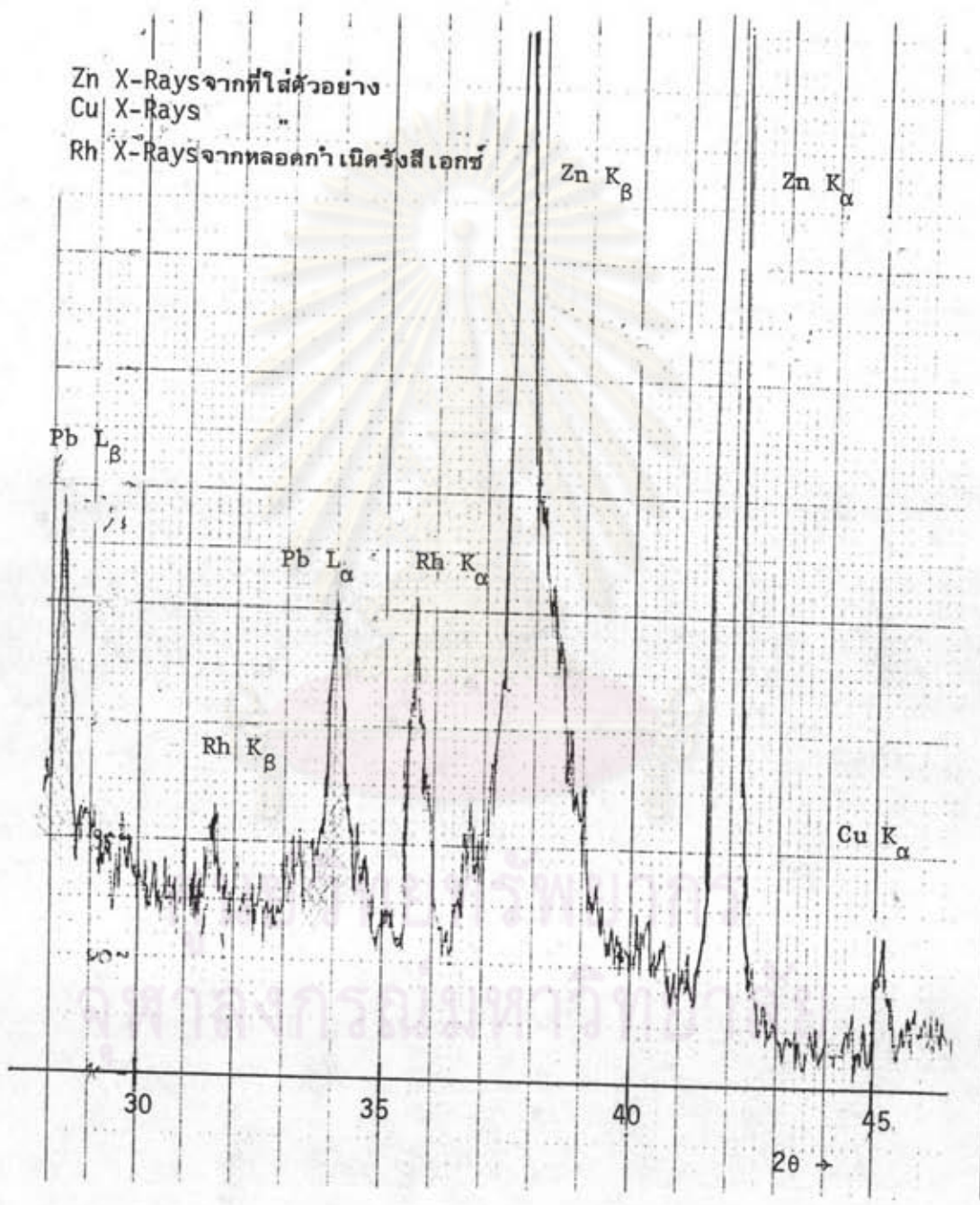
กำเนิดรังสีเอกซ์เป็นต้นกำเนิดรังสีปฐมภูมิ ปัญหาในด้านการรบกวนของพีคต่าง ๆ ย่อมมีน้อยลงด้วย อย่างไรก็ตามได้ทดลองวัดพีคของรังสีเอกซ์เรียงของสารมาตรฐานทั้งสี่ธาตุที่หาคมนกระดาศกรองเกี่ยวกับกระดาศกรองที่ไม่ได้หาคมนสารมาตรฐาน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.17 ถึง 4.20

ในกรณีของกำมะถันไม่มีปัญหาในการรบกวนเพราะต้องใช้ผลึกวิเคราะห์ EDDT ส่วนตะกั่ว แมงกานีส และสารหนู ใช้ผลึกวิเคราะห์ LiF ตำแหน่งของพีคต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 รังสีเอกซ์เรียงของตะกั่ว นั้นเกิดเฉพาะ L x-rays เพราะพลังงานสูงสุดของรังสีเอกซ์ปฐมภูมิเท่ากับ 40 keV ซึ่งต่ำกว่า $K_{ab.edge}$ ของตะกั่ว ($K_{ab.edge}$ ของตะกั่ว = 88 keV)

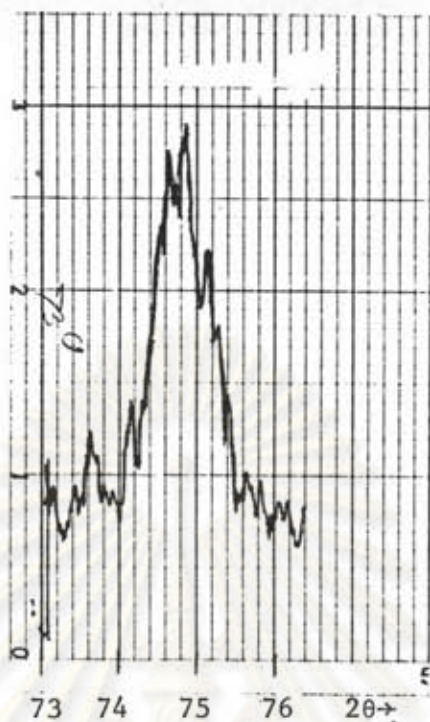
ตารางที่ 4.4 ตำแหน่งพีคที่สำคัญของรังสีเอกซ์เรียงของ ตะกั่ว กำมะถัน แมงกานีส และสารหนู

ธาตุ	ผลึกวิเคราะห์ที่ใช้	รังสีเอกซ์เรียง	มุมที่เกิดพีค (2θ)
กำมะถัน	EDDT	$K_{\alpha 1,2}$	75.25
		$K_{\beta 1,2}$	69.76
ตะกั่ว	LiF	$L_{\alpha 1,2}$	33.93 ←
		$L_{\beta 1,2,3}$	28.26
		$L_{\gamma 1}$	24.16
แมงกานีส	LiF	$K_{\alpha 1,2}$	62.99
สารหนู	LiF	$K_{\beta 1,2}$	56.60
		$K_{\alpha 1,2}$	34.00 ←
		$K_{\beta 1,2}$	30.45

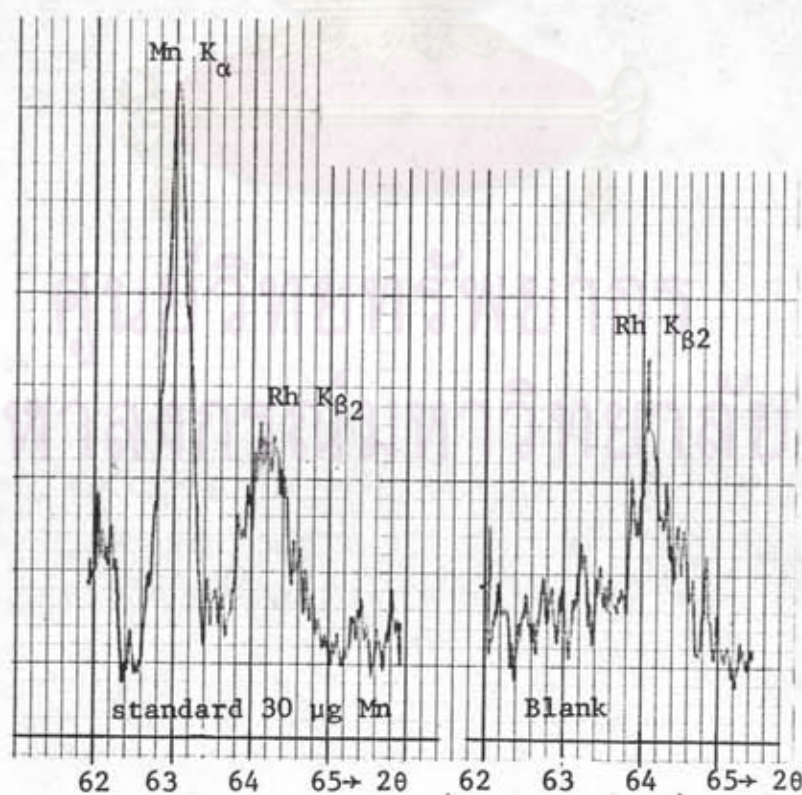
จากตารางที่ 4.4 พบว่า L_{α} ของตะกั่วกับ K_{α} ของสารหนูซ้อนกัน แต่ในการวิเคราะห์สารหนูสามารถเลี่ยงไปวัดพีค K_{β} แทนได้เพราะแยกออกจากพีคอื่นชัดเจน แต่ความเข้มของพีค K_{β} ต่ำกว่า K_{α}



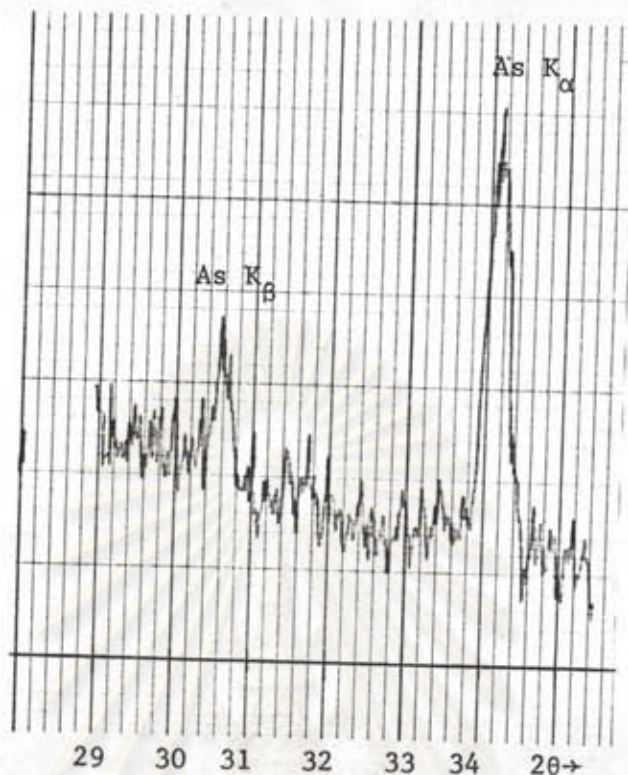
รูปที่ 4.17 สเปกตรัมของ L_{α} และ L_{β} ของตะกั่วจากสารมาตรฐานตะกั่ว 100 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.18 สเปกตรัมของ K_{α} x-ray ของกำมะถันจากสารมาตรฐานกำมะถัน 30 ไมโครกรัม ($2\theta = 73$ ถึง 76 องศา)



รูปที่ 4.19 สเปกตรัมของ K_{α} ของแมงกานีสจากสารมาตรฐาน 30 ไมโครกรัม เทียบกับ สเปกตรัมที่ได้จากกระดาษกรองที่ไม่ได้หยดสารมาตรฐาน



รูปที่ 4.20 สเปกตรัมของ K_{α} และ K_{β} ของสารหนูจากสารมาตรฐาน 30 ไมโครกรัม

4.2.4.2 ทาซีดจำกัดในการวิเคราะห์กำมะถัน ตะกั่ว แมงกานีส และสารหนู นำสารมาตรฐานที่หยดบนกระดาษกรองไปวัดรังสีเอกซ์ เรืองของแต่ละธาตุ เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน และทาซีดจำกัดในการวิเคราะห์แต่ละธาตุ ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ถึง 4.8 และ กราฟในรูปที่ 4.21 ถึง 4.24

จากข้อมูลที่ได้สามารถคำนวณทาซีดจำกัดในการวิเคราะห์ได้เช่นเดียวกับในหัวข้อที่

4.2.2.3 ดังนี้ คือ

ก.	ซีดจำกัดในการวิเคราะห์ตะกั่ว	$= \frac{2\sqrt{2} \times 300}{241.6928} \sqrt{\frac{5107.8/300}{600}}$	= 0.59	μg
ข.	" " " กำมะถัน	$= \frac{2\sqrt{2} \times 300}{71.2917} \sqrt{\frac{2265.8827/300}{600}}$	= 1.33	"
ค.	" " " แมงกานีส	$= \frac{2\sqrt{2} \times 200}{87.3083} \sqrt{\frac{272.7292/200}{400}}$	= 0.38	"
ง.	" " " สารหนู	$= \frac{2\sqrt{2} \times 200}{137.6875} \sqrt{\frac{777.3750/200}{400}}$	= 0.41	"

จากผลการวิจัยเพื่อศึกษาความเหมาะสมของเครื่องวิเคราะห์ 3 แบบ ในการวิเคราะห์ตัวอย่างปริมาณน้อยบนกระดาษกรอง พบว่าเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX มีความเหมาะสมที่สุดด้วยเหตุผลที่สำคัญยิ่ง 2 ประการ คือ

- ก. มีขีดจำกัดในการวิเคราะห์ต่ำ
- ข. ปัญหาเรื่องการรบกวนของพีคต่าง ๆ มีน้อยกว่า เพราะมีรีโซลูชันดีกว่า

ดังนั้นในการวิจัยขั้นต่อ ๆ ไป ยิ่งจะเป็นการตรวจวัดธาตุในอากาศ จึงเลือกใช้เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ $Pb L_{\alpha 1}$ กับปริมาณตะกั่ว

ปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรอง (ไมโครกรัม)	ความเข้มของ $Pb L_{\alpha 1}$ (จำนวนนับ/300 วินาที)
0	4825
1	5155
2	5701
4	6496
6	6344
8	7307
10	8053
12	8121
14	8273
16	8956
18	10170
20	10568
30	10905
40	14332
50	15292
60	17230
70	19428
80	20464
90	21682
100	23121

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ $S K_{\alpha}$ กับปริมาณกำมะถัน

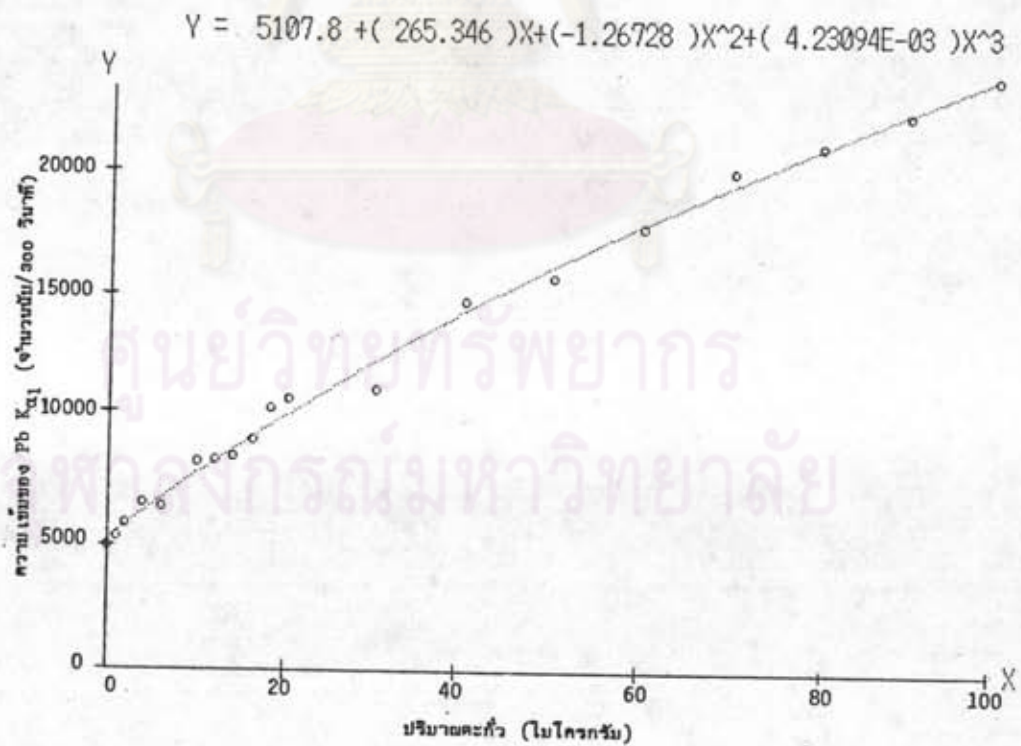
ปริมาณกำมะถันบนกระดาษกรอง (ไมโครกรัม)	ความเข้มของ $S K_{\alpha}$ (จำนวนนับ/300 วินาที)
1	2175
2	2428
4	2552
6	2914
8	2989
12	3166
16	3227
20	3620
25	3630
30	4798

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ $Mn K_{\alpha}$ กับปริมาณแมงกานีส

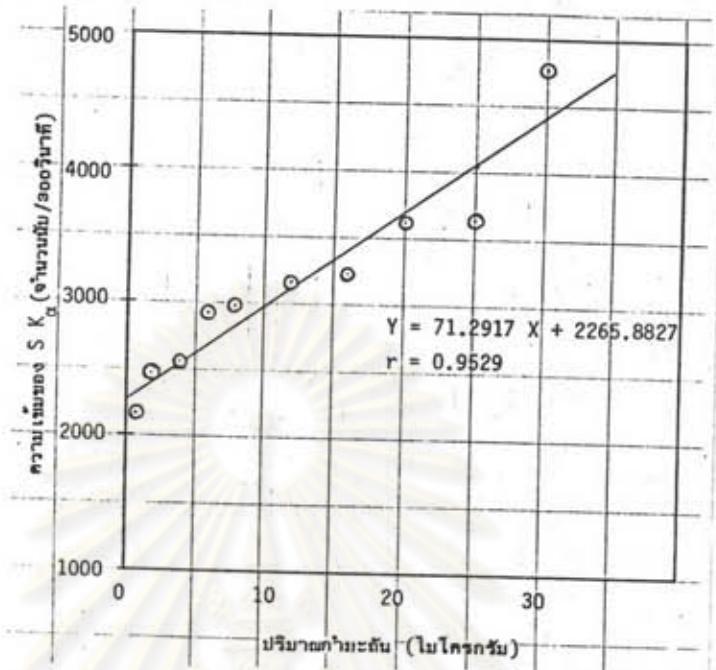
ปริมาณแมงกานีสบนกระดาษกรอง (ไมโครกรัม)	ความเข้มของ $Mn K_{\alpha}$ (จำนวนนับ/200 วินาที)
0	208
2	486
4	572.5
6	848.5
8	933
10	1233
20	2006.5
30	2879

ตารางที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ $As K_{\beta}$ กับปริมาณสารหนู

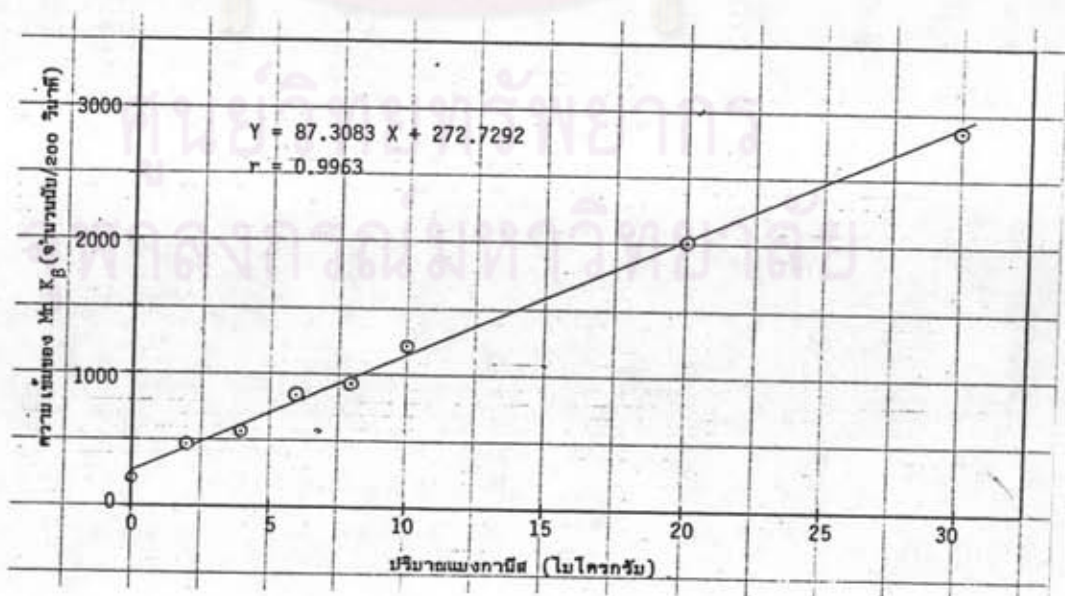
ปริมาณสารหนูบนกระดาษกรอง (ไมโครกรัม)	ความเข้มของ $As K_{\beta}$ (จำนวนนับ/200 วินาที)
0	753
2	1093
4	1427
6	1672
8	1713
10	2075.5
20	3592.5



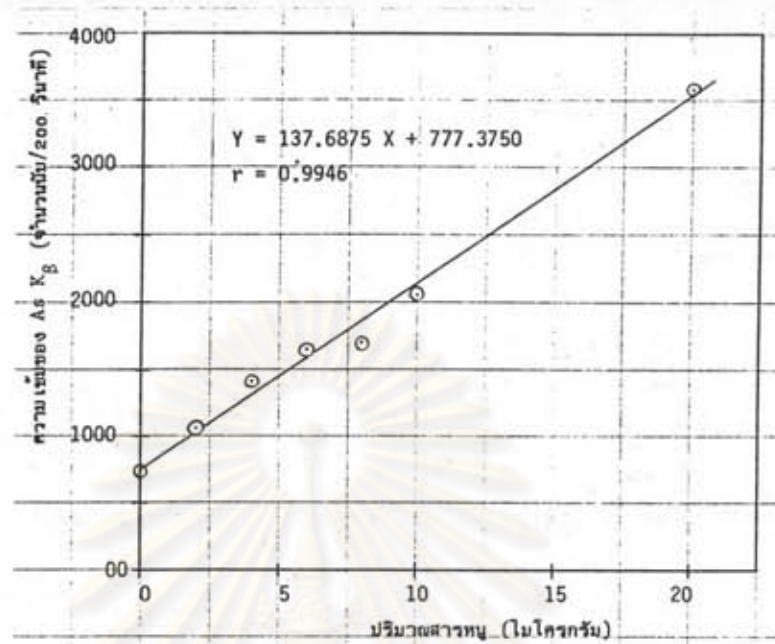
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ $Pb L_{\alpha 1}$ กับปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรอง (เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX)



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K_α กับปริมาณกำมะถันบนกระดาษกรอง (เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX)



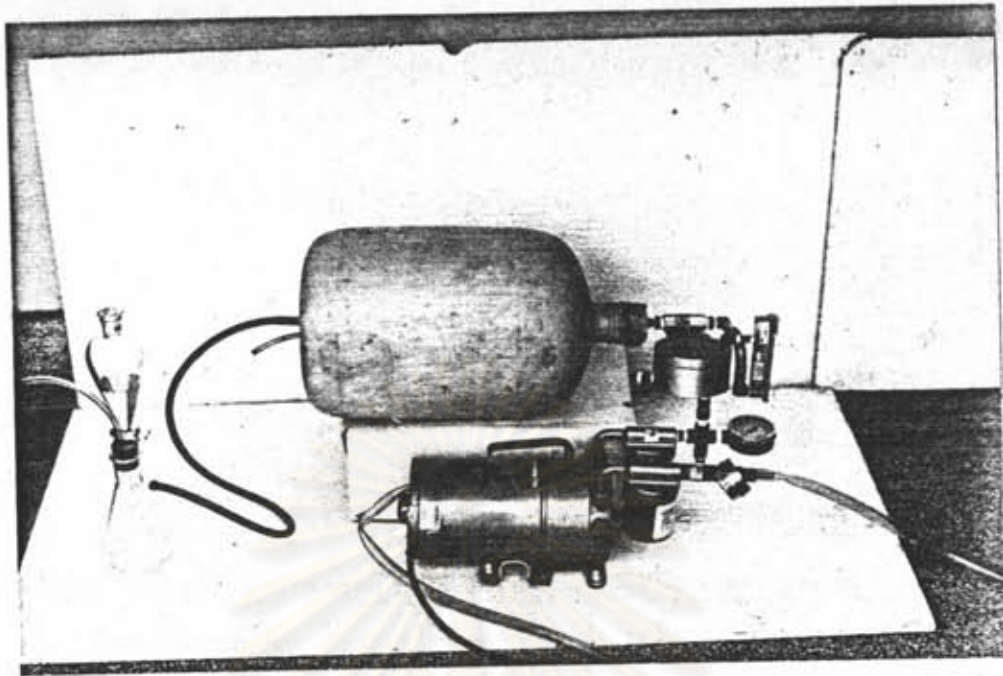
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ Mn K_α กับปริมาณแมงกานีสบนกระดาษกรอง (เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX)



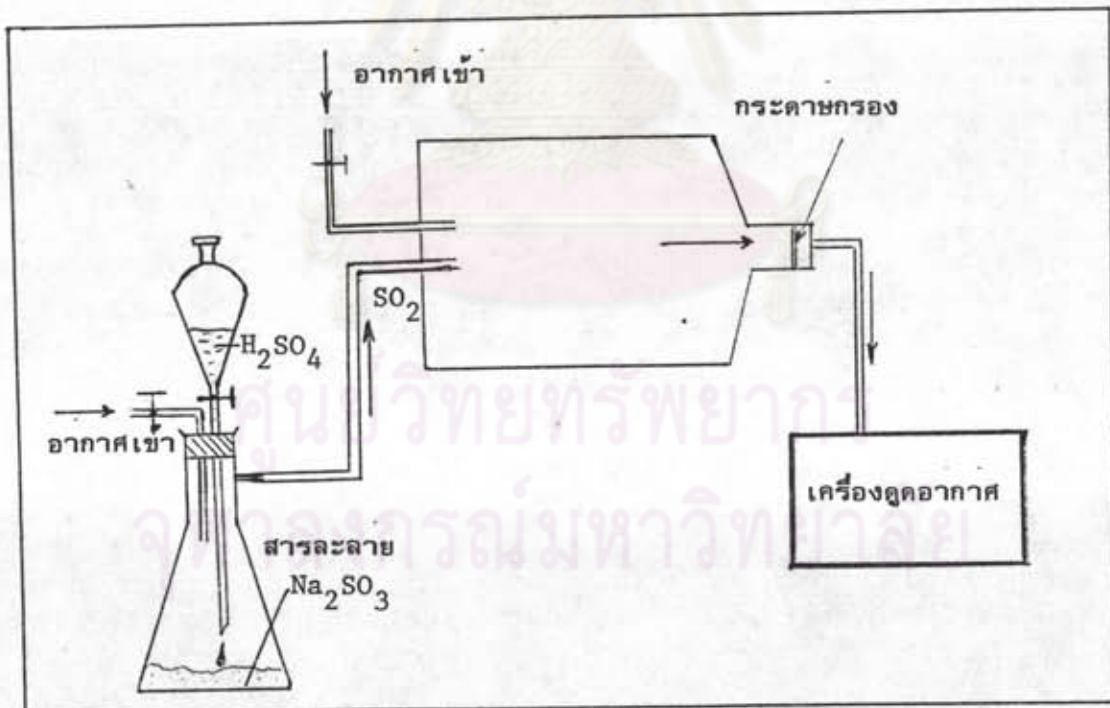
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ As K_β กับปริมาณสารหนูบนกระดาษกรอง (เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX)

4.3 หาประสิทธิภาพในการตรวจจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

วิธีตรวจวัดธาตุต่าง ๆ ในอากาศโดยปกติใช้วิธีดูดอากาศผ่านกระดาษกรองแล้วนำกระดาษกรองไปผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ที่ติดอยู่บนกระดาษกรอง แต่ในกรณีที่ธาตุในอากาศอยู่ในรูปของก๊าซ ก๊าซสามารถที่จะผ่านกระดาษกรองไปได้โดยไม่ถูกจับไว้ สำหรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีวิธีจับไว้ได้หลายวิธี อย่างเช่น การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จับ และวิเคราะห์กรดกำมะถันที่เกิดขึ้น สำหรับในการวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาการใช้กระดาษกรองซุบสารละลาย 5 % โซเดียมคาร์บอเนตผสมกับ 5 % กลีเซอรอล เพื่อจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้วจึงนำกระดาษกรองไปวิเคราะห์ ในการนี้ต้องทำการศึกษารายถึงประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากอากาศเพื่อใช้คำนวณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ การจัดอุปกรณ์วิจัยแสดงไว้ในรูปที่ 4.25



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.25 (ก) อุปกรณ์ที่ใช้หาประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

(ข) แผนผังการจัดอุปกรณ์ที่ใช้หาประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

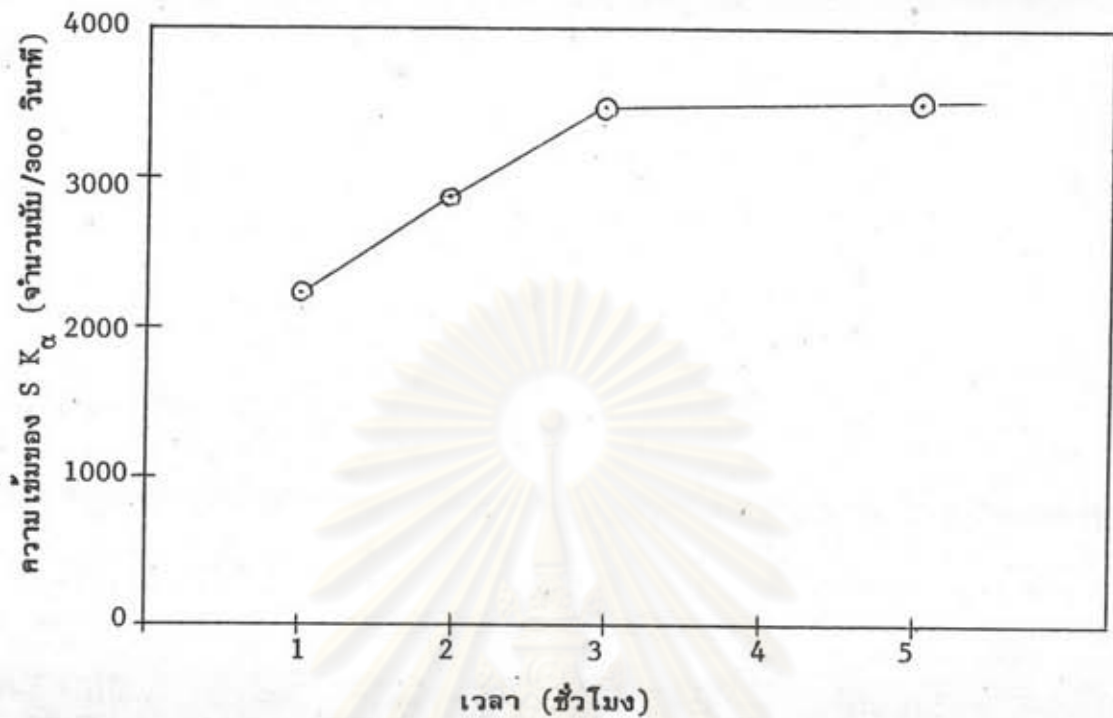
ขั้นตอนในการวิจัยมีดังนี้คือ

- เติมน้ำละลายโซเดียมซัลไฟท์ซึ่งมีกำมะถันจำนวน 49.80 ไมโครกรัม ลงในฟลาสค์ (flask) ปิดด้วยจุกยางที่เจาะรูไว้สำหรับเสียบกรวยแยก (separatory funnel)
- เสียบกรวยแยกที่บรรจุกรดซัลฟูริก เข้มข้นมาก เกินพอต่อการทำปฏิกิริยากับโซเดียมซัลไฟท์ ให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
- เปิดสวิทช์เครื่องดูดอากาศ
- เปิดให้กรดซัลฟูริก ไหลหยดลงในฟลาสค์ที่บรรจุโซเดียมซัลไฟท์อย่างช้า ๆ

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะไหลผ่านไปยังถังพักขนาด 20 ลิตร ซึ่งต่อไปยังเครื่องดูดอากาศที่มีกระดาษกรองรูปสารละลาย 5 % โซเดียมคาร์บอเนตผสมกับสารละลาย 5 % กลีเซอรอล เพื่อไม่ให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไหลผ่านกระดาษกรองเร็วผิดปกติเป็นจริงในอากาศ จึงได้เจาะท่อให้อากาศภายนอกไหลเข้ามายังถังพักผสมกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นมา และเพื่อให้แน่ใจว่าดูดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นมาผ่านกระดาษกรองหมดได้กระทำการทดลองในลักษณะเดียวกันนี้ 5 ครั้ง โดยใช้เวลาในการดูด 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง แล้วนำกระดาษกรองทั้ง 5 แผ่นไปวิเคราะห์ปริมาณกำมะถัน โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานในรูปที่ 4.22 จากการใช้โซเดียมซัลไฟท์ 118.125 ไมโครกรัม จะได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 60 ไมโครกรัม ทำให้หาประสิทธิภาพได้โดยใช้ค่าสูงสุดของความเข้มรังสีที่วัดได้ไปคำนวณ ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.9 และกราฟในรูปที่ 4.26

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่วัดได้จากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 30 ไมโครกรัม เมื่อดูดอากาศระยะเวลา 1 ถึง 5 ชั่วโมง

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มสุทธิของ $S K_{\alpha}$ (จำนวนนับ/300 วินาที)
1	1105
2	2858
3	3474
4	กระดาษกรองชำรุด
5	3556



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ $S K_\alpha$ กับ เวลาในการดูดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 60 ไมโครกรัม

จากผลการวัดรังสีที่ค่าสูงสุดคือ 3556 คอานาที อ่านกราฟในรูปที่ 4.22 ได้ว่ามีปริมาณ ก๊าซถ่านหินอยู่บนกระดาษกรอง 18.10 ไมโครกรัม

ปริมาณก๊าซถ่านหินในก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 60 ไมโครกรัม = 30 ไมโครกรัม

ดังนั้น ประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ = $\frac{18.10}{30} \times 100 \%$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย = 60.33 %

4.4 การเก็บตัวอย่างและผลการวิเคราะห์

ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ณ ที่ต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ

4.4.1 บริเวณโรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ได้รับความร่วมมือจากวิศวกรของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ high volume air sampler ที่อยู่บนหลังคาของสถานีตรวจอากาศ ซึ่งอยู่ห่างจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน

ลึกในดิ่ง ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 0.5 กิโลเมตร เก็บตัวอย่างโดยใช้กระดาษกรองใยแก้วขนาด 8" x 10" ซุปสารละลาย 5 % โซเดียมคาร์บอเนตผสมกับ 5 % กลีเซอรอล เพื่อตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างคือ เดือนกันยายน พ.ศ. 2524 จำนวน 2 ตัวอย่าง

4.4.2 ศูนย์อำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกลาง กรุงเทพมหานคร ได้รับความอนุเคราะห์จากเจ้าหน้าที่กรมอนามัย เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ high volume air sampler และใช้กระดาษกรองใยแก้วขนาด 8" x 10" ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างคือ เดือนเมษายน พ.ศ. 2525 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2526 และเดือนเมษายน พ.ศ. 2527 รวมทั้งหมด 24 ตัวอย่าง

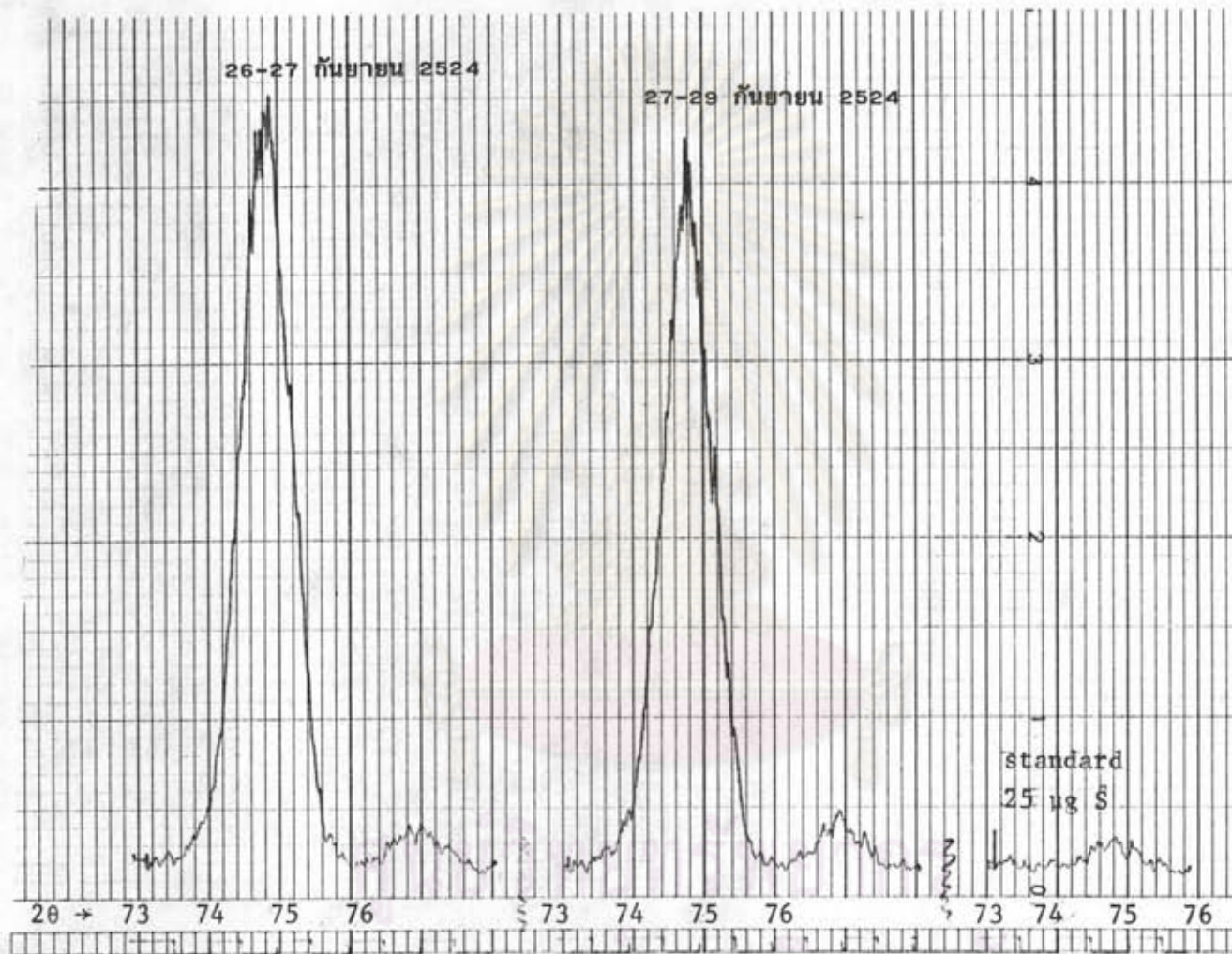
4.4.3 บริเวณที่ทำกาารไปรษณีย์โทรเลขลาดพร้าว ถนนลาดพร้าว อำเภอบางเขน กรุงเทพมหานคร ได้รับความอนุเคราะห์จากเจ้าหน้าที่ กรมอนามัย เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ high volume air sampler และใช้กระดาษกรองใยแก้วขนาด 8" x 10" ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างคือ เดือนมีนาคม เดือนกันยายน และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2527 รวมทั้งหมด 21 ตัวอย่าง

4.4.4 เก็บตัวอย่างอากาศเพื่อตรวจหาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 4 ครั้ง ในกรุงเทพมหานคร ใช้เครื่องดูดอากาศขนาดเล็กและใช้กระดาษกรองใยแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร สถานที่เก็บตัวอย่างคือ บริเวณสี่แยกปทุมวัน ถนนพญาไท บริเวณสถานีขนส่งสายเหนือ ถนนพหลโยธิน ที่สามแยกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนพหลโยธิน และบริเวณถนนเยาวราช โดยเก็บตัวอย่างในช่วงวันที่ 1 และ 2 เมษายน พ.ศ. 2528 รวม 4 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.10 ผลการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สถานีตรวจอากาศในบริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของ $S K_{\alpha}$ (จำนวนนับ/300 วินาที)	ปริมาณกำมะถัน บนกระดาษกรอง พื้นที่ 9.621 ซม. ² (ไมโครกรัม)
26-27 กันยายน 2524	123002	2622.87
27-29 กันยายน 2524	110680	2360.17

หมายเหตุ ปริมาณกำมะถันที่ได้ในตารางนี้คำนวณจากการเทียบกับ สารมาตรฐานกำมะถันที่ให้ค่าความเข้มข้นของ $S K_{\alpha}$ ใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีความเข้มข้นสูงกว่าที่จะอ่านได้จากกราฟในรูปที่ 4.22 มา



รูปที่ 4.27 สเปกตรัมของ S K_{α} บนกระดาดกรองที่สูดอากาศ บริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

วันที่ 26-27 และ 27-29 กันยายน พ.ศ. 2524 เทียบกับสารมาตรฐานกำมะถัน 25 ไมโครกรัม

ตารางที่ 4.11 ผลการตรวจวัดตะกั่วในอากาศ ที่ศูนย์ชีวอนามัย กรมอนามัย

ตำบลสำโรงใต้ จังหวัดสมุทรปราการ

วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณอากาศ ที่ไหลผ่านกระดาศกรอง (ลูกบาศก์เมตร)	ความเข้มของ Pb L _{α1} (จำนวนนับ/300 วินาที)	ปริมาณตะกั่ว บนกระดาศกรอง (ไมโครกรัม)	ความเข้มข้นของ ตะกั่วในอากาศ (ไมโครกรัม/ลบ.ม.)
18 เมษายน 2525	902.0378	7004	332.06	0.368
20 เมษายน 2525	910.4303	9148	722.618	0.794
22 เมษายน 2525	901.6278	9794	843.055	0.935
25 เมษายน 2525	854.8866	7491	416.3657	0.487
27 เมษายน 2525	867.0294	20248	3432.436	3.959
28 เมษายน 2525	855.1611	8777	650.356	0.761
14 กันยายน 2525	1321.3062	14021	1737.725	1.315
19 กันยายน 2525	1304.5441	9020	696.810	0.534
21 กันยายน 2525	1921.9924	11197	1123.499	0.585
23 กันยายน 2525	1936.3071	14671	1892.571	0.977
26 กันยายน 2525	1921.2328	17215	2572.177	1.339
28 กันยายน 2525	1695.8556	13511	1617.288	0.954
30 กันยายน 2525	705.1610	6933	314.855	0.447
11 ธันวาคม 2526	1307.6617	10439	972.094	0.743
13 ธันวาคม 2526	1318.1891	7908	490.348	0.372
15 ธันวาคม 2526	1266.7101	8969	688.208	0.543
18 ธันวาคม 2526	1292.1046	9969	882.626	0.683
20 ธันวาคม 2526	1306.1987	12995	1502.014	1.150
22 ธันวาคม 2526	1353.5513	9802	848.216	0.627
27 ธันวาคม 2526	1383.8970	7419	404.322	0.292
19 เมษายน 2527	1799.1126	9969	865.996	0.481
22 เมษายน 2527	1877.4857	11289	1132.185	0.603
24 เมษายน 2527	1866.5647	10123	896.247	0.480
26 เมษายน 2527	1814.5168	13452	1602.857	0.883

หมายเหตุ ตัวอย่างเหล่านี้ไม่ได้วิเคราะห์แกมมาและสารหนู เพียงแต่ตรวจสอบว่า

ไม่มีสารหนูเท่านั้น เพราะถ้ามีจะใช้ Pb L_{α1} ไม่ได้

ตารางที่ 4.12 ผลการตรวจวัดตะกั่วในอากาศ ที่บริเวณท่าอากาศยานนานาชาติสุวรรณภูมิ จังหวัดฉะเชิงเทรา
อำเภอบางเขน กรุงเทพมหานคร

วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณอากาศ ที่ไหลผ่านกระดาศกรอง (ลูกบาศก์เมตร)	ความเข้มของ Pb L _{α1} (จำนวนนับ/300 วินาที)	ปริมาณตะกั่ว บนกระดาศกรอง (ไมโครกรัม)	ความเข้มข้นของ ตะกั่วในอากาศ (ไมโครกรัม/ลบ.ม.)
13 มีนาคม 2527	1158.1861	11837	1250.8176	1.08
15 มีนาคม 2527	1156.8277	16251	2374.317	2.052
18 มีนาคม 2527	1190.9575	9021	696.810	0.585
20 มีนาคม 2527	1170.6356	11664	1218.128	1.041
22 มีนาคม 2527	1192.5261	9943	882.627	0.740
25 มีนาคม 2527	1139.6129	15396	2068.064	1.815
2 กันยายน 2527	1200.6959	14052	1744.607	1.453
4 กันยายน 2527	1186.3736	10813	1058.119	0.892
6 กันยายน 2527	1173.0092	13817	1691.271	1.442
9 กันยายน 2527	1303.4325	10214	925.640	0.710
16 กันยายน 2527	1316.8147	8110	271.842	0.206
18 กันยายน 2527	1298.5826	8966	349.265	0.268
4 พฤศจิกายน 2527	1429.4380	5135	5.162	0.0007
6 พฤศจิกายน 2527	1401.6927	6388	220.227	0.1571
8 พฤศจิกายน 2527	1404.9331	11376	1157.910	0.8261
11 พฤศจิกายน 2527	1418.6388	8468	597.020	0.4208
13 พฤศจิกายน 2527	1416.7034	4507	0.000	0.0000
15 พฤศจิกายน 2527	1410.6185	6903	313.1345	0.2219

หมายเหตุ ตัวอย่างเหล่านี้ไม่ได้วิเคราะห์สารหนู และแมงกานีส เพียงแต่ตรวจสอบว่า
ไม่มีสารหนูเท่านั้น เพราะถ้ามีจะใช้ Pb L_{α1} ไม่ได้

ตารางที่ 4.13 ผลการตรวจวัดแมงกานีสและสารหนูในอากาศ

ที่ศูนย์อชีวอนามัย กรมอนามัย ค่ายลสำโรงใต้ จังหวัดสมุทรปราการ

วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณอากาศ ไหลผ่านกระดาษกรอง (ลูกบาศก์เมตร)	ความเข้มข้น (จำนวนนับ/200 วินาที)		ปริมาณธาตุ บนกระดาษกรอง (ไมโครกรัม)		ความเข้มข้นในอากาศ (ไมโครกรัม/ลบ.ม.)	
		Mn K_{α}	As K_{β}	แมงกานีส	สารหนู	แมงกานีส	สารหนู
19 เมษายน 2527	1799.1126	1550	ไม่พบ	629.5172	ไม่พบ	0.350	ไม่พบ
22 เมษายน 2527	1877.4857	1326	"	519.1163	"	0.277	"
24 เมษายน 2527	1866.5647	1624	"	665.9889	"	0.357	"
26 เมษายน 2527	1814.5168	1407	"	559.0380	"	0.3081	"

ตารางที่ 4.14 ผลการตรวจวัดแมงกานีส และสารหนูในอากาศ

ที่บริเวณที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขลาดพร้าว อำเภอบางเขน กรุงเทพมหานคร

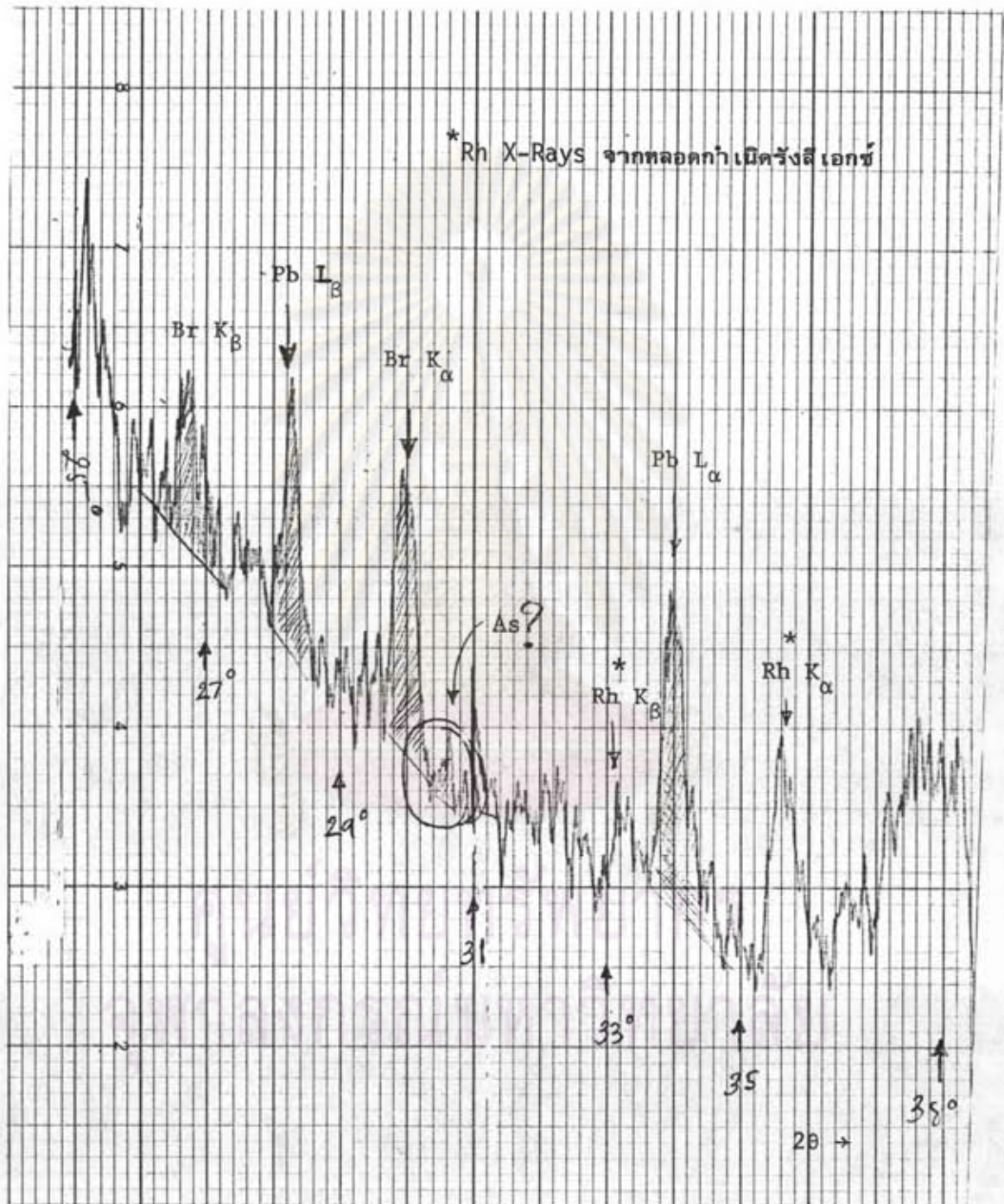
วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณอากาศที่ ไหลผ่านกระดาษกรอง (ลูกบาศก์เมตร)	ความเข้มข้น (จำนวนนับ/200 วินาที)		ปริมาณธาตุ บนกระดาษกรอง (ไมโครกรัม)		ความเข้มข้นในอากาศ (ไมโครกรัม/ลบ.ม.)	
		Mn K_{α}	As K_{β}	แมงกานีส	สารหนู	แมงกานีส	สารหนู
6 มีนาคม 2527	1138.6314	1144	ไม่พบ	429.4155	ไม่พบ	0.377	ไม่พบ
8 มีนาคม 2527	1240.8488	1221	"	467.3659	"	0.377	"
11 มีนาคม 2527	1217.9031	868.5	"	293.6323	"	0.241	"

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 ผลการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณย่านชุมชน 4 จุด
ในกรุงเทพมหานคร

วัน เดือน ปี และสถานที่เก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณอากาศที่ ไหลผ่านกระดาศกรอง (ลูกบาศก์เมตร)	ความเข้มของ $S K_{\alpha}$ (จำนวนนับ/300 วินาที)	ปริมาณกำมะถัน บนกระดาศกรอง (ไมโครกรัม)	ความ เข้มข้นของก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศ (ไมโครกรัม/ลบ.ม.)
1. 13.38-15.38 น. 1 เมษายน 2528 สี่แยกปทุมวัน	3.60	1177	0	0
2. 16.52-18.52 น. 1 เมษายน 2528 สถานีขนส่งสายเหนือ	3.60	2560	4.1256	3.799
3. 19.23-21.23 น. 1 เมษายน 2528 สามแยกมหา- วิทยาลัยเกษตรฯ	3.60	1506	0	0
4. 14.50-16.15 น. 2 เมษายน 2528 ถนนเขาวราช	2.97	1801	0	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.28 สเปกตรัมของตัวอย่างกระดาษกรองที่ดูดอากาศจากที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข
ลาดพร้าว วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2527



4.5 ตัวอย่างการคำนวณ

4.5.1 การคำนวณความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ

เช่น ตัวอย่างที่เก็บเมื่อวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2528 ในตารางที่ 4.11

- ความเข้มของ Pb L_{α} = 7004/300 วินาที

- ขนาดตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์มีเส้นผ่าศูนย์กลาง = 3.50 เซนติเมตร

คิด เป็นพื้นที่ = 9.621 ตารางเซนติเมตร

- จากกราฟมาตรฐานในรูปที่ 4.23 ได้ปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรอง

7.717 ไมโครกรัม/พื้นที่กระดาษกรอง 9.621 ตารางเซนติเมตร

- กระดาษกรองที่เก็บตัวอย่าง ส่วนที่ใช้ประโยชน์มีพื้นที่ = 18.0 x 23.0

เซนติเมตร = 414 ตารางเซนติเมตร

- ดังนั้นปริมาณตะกั่วทั้งหมดบนกระดาษกรอง = 7.717 x $\frac{414}{9.621}$ ไมโครกรัม

= 332.060 ไมโครกรัม

- ปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านกระดาษกรอง = 902.0378 ลูกบาศก์เมตร

(ได้จากค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของอากาศทุกชั่วโมง)

- ดังนั้นความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ = $\frac{332.060}{902.0378} = 0.368$ ไมโครกรัม/ลบ.ม.

4.5.2 การคำนวณความเข้มข้นของแมงกานีสและสารหนูในอากาศ

ทำการคำนวณเช่นเดียวกับตะกั่ว แต่อ่านค่าปริมาณแมงกานีส และสารหนูบนกระดาษกรองจากกราฟในรูปที่ 4.23 และ 4.24 ตามลำดับ

4.5.3 การคำนวณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ

4.5.3.1 เมื่อใช้เครื่องดูดอากาศ ขนาดเล็กเก็บตัวอย่าง

คำนวณได้ทำนองเดียวกับการคำนวณหาความเข้มข้นของตะกั่ว เช่น ตัวอย่างที่เก็บเมื่อวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2528 ในตารางที่ 4.15

- วัดความเข้มของ S K ได้ = 2560/300 วินาที

- อ่านปริมาณกัมมันต์จากกราฟมาตรฐานในรูปที่ 4.2.2 ได้ปริมาณ

กัมมันต์ = 4.1256 ไมโครกรัม (พื้นที่กระดาษกรองที่ใช้เก็บ

ตัวอย่าง = 9.621 ตารางเซนติเมตร พื้นที่ของกระดาษ

กรองที่มีผลในการวิเคราะห์ 9.621 ตารางเซนติเมตร ดังนั้น ปริมาณ
 ก๊าซระดับที่วิเคราะห์ได้จึง เป็นปริมาณก๊าซระดับทั้งหมดบนตัวอย่างกระดาษ
 กรอง) นั่นคือ ปริมาณก๊าซระดับบนกระดาษกรองตัวอย่าง = 4.1256

ไมโครกรัม

$$\begin{aligned} - \text{คิดเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์} &= 4.1256 \times \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของ SO}_2}{\text{น้ำหนักอะตอมของ S}} \\ &= 4.1256 \times \frac{32}{16} \\ &= 8.2512 \quad \text{ไมโครกรัม} \end{aligned}$$

- ดังนั้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไหลผ่านกระดาษกรอง

$$\begin{aligned} &= \frac{8.2512 \times 100}{\text{ประสิทธิภาพในการจับก๊าซ SO}_2} \\ &= \frac{8.2512 \times 100}{60.33} \\ &= 13.677 \quad \text{ไมโครกรัม} \end{aligned}$$

- ปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านกระดาษกรอง = 3.60 ลูกบาศก์เมตร

- ดังนั้นความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ

$$\begin{aligned} &= \frac{13.677}{3.60} \\ &= 3.799 \quad \text{ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

4.5.3.2 เมื่อเก็บตัวอย่างด้วย high volume air sampler

คำนวณได้ทำนองเดียวกับตัวอย่างใน 4.4.3.1 ต่างกันเฉพาะพื้นที่

ของกระดาษกรอง คือ พื้นที่กระดาษกรองที่ใช้เก็บตัวอย่าง = 17.2 x 22.3 เซนติเมตร

$$= 383.56 \quad \text{ตารางเซนติเมตร}$$

- แต่กระดาษกรองส่วนที่นำไปวิเคราะห์มีพื้นที่ 9.621 ตารางเซนติเมตร

$$- \text{ดังนั้นต้องคูณผลลัพท์ด้วย} \quad \frac{383.56}{9.621} = 39.867$$

อนึ่งสำหรับตัวอย่างกระดาษกรองที่เก็บก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อำเภอแม่เมาะ ตามข้อมูลในตารางที่ 4.10 นั้น ปรากฏว่าความเข้มของ $S K_{\alpha}$ ที่วัดได้มีค่าสูงกว่าที่จะอ่านได้จากกราฟมาตรฐานที่สร้างไว้ในรูปที่ 4.22 มาก จึงได้ใช้วิธีเตรียมสารมาตรฐานกัมมะถันหยดลงบนกระดาษ เพื่อใช้ค่าความเข้ม $S K_{\alpha}$ ที่ได้จากสารมาตรฐานที่มีค่าใกล้เคียงกับที่วัดได้จากตัวอย่าง มาเทียบบัญญัติโดยตรงด้วยกัน เช่นตัวอย่างที่เก็บเมื่อวันที่ 26-27 กันยายน พ.ศ. 2527 วัดค่าความเข้มของ $S K_{\alpha}$ ได้ 123,002 ต่อ 300 วินาที และวัดค่าความเข้มของ $S K_{\alpha}$ จากสารมาตรฐานกัมมะถัน 2,000 ไมโครกรัมได้ 15632 ต่อ 50 วินาที

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ปริมาณกัมมะถันบนกระดาษกรองตัวอย่าง} &= 2,000 \frac{50}{15632} \times \frac{123,002}{300} \text{ ไมโครกรัม} \\ &= 2622 \text{ ไมโครกรัม} \end{aligned}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย