

รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นมีความถี่ต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับระยะทางที่ใกล้ที่สุด ระหว่างอิเล็กตรอนกับนิวเคลียส และขึ้นอยู่กับความเร็วของอิเล็กตรอนที่เปลี่ยนไป ความเข้มของรังสีเอกซ์เป็นหน่วยของพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา โดยทั่วไปเป็น เอิกต่อหนึ่งตารางซม.ต่อวินาที แต่ในการวิเคราะห์ที่ใช้รังสีเอกซ์ ความเข้มของรังสีเอกซ์มีหน่วยเป็นจำนวนนับต่อหนึ่งหน่วยเวลา หรือจำนวนโฟตอนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

2.2 แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์

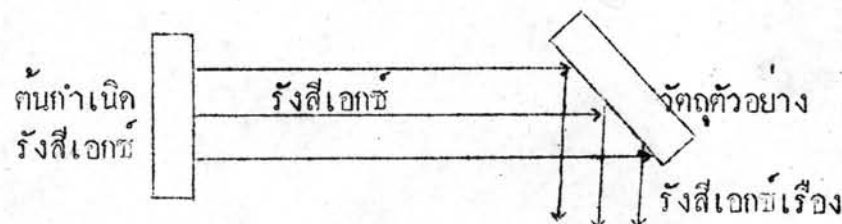
ที่นิยมใช้มากมี 3 อย่าง คือ

2.2.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

2.2.2 ลำอิเล็กตรอน

2.2.3 สารกัมมันตรังสีบางชนิด โคแบลต์โปรมีเซียม - 147 / อลูมิเนียม อเมอริเซียม - 241, พลูโตเนียม - 238 , ซีซียม - 133 เป็นต้น สำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรมีเซียม - 147 / อลูมิเนียม และอเมอริเซียม - 241 เป็นสารต้นกำเนิดรังสี เนื่องจากมีช่วงความยาวคลื่นและความเข้มของรังสีเหมาะสม

รังสีเอกซ์ที่ได้จากโปรมีเซียม - 147 / อลูมิเนียม เกิดจากการที่โปรมีเซียม - 147 เปลี่ยนรังสีเบต้าออกมาชนอลูมิเนียมที่ห่อหุ้มอยู่ ทำให้ความเร็วของรังสีเบต้าลดลงหรือเปลี่ยนทิศทาง จะไกรังสีเอกซ์ซึ่งมีพลังงานไม่แน่นอน ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงการเรืองรังสีเอกซ์

ส่วนอเมอริเซียม -241 จะเปล่งรังสีอัลฟาและรังสีแกมมาที่มีพลังงานต่ำออกมา พลังงานของรังสีแกมมาที่นำไปใช้ในเรื่องนี้คือ 60 KeV ซึ่งใช้วิเคราะห์หาธาตุที่อยู่เหนือทองแดงในตารางธาตุได้

พลูโทเนียม -239 มีครึ่งชีวิตยาว 44,000 ปี ส่วนอเมอริเซียม -241

2.3 การวิเคราะห์โดยการจำแนกพลังงานที่ได้จากการเรืองรังสีเอกซ์

เมื่ออะตอมถูกฉายรังสีเอกซ์ ถ้าพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ใช้มีค่าสูงถึงระดับหนึ่งซึ่งจะถูกอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนั้นดูดเอาไว้แล้ว อิเล็กตรอนตัวนั้นจะหลุดออกมา ทำให้เกิดที่ว่างในระดับพลังงานนั้น อะตอมจะปรับตัวเองโดยอิเล็กตรอนที่มีระดับพลังงานสูงกว่าจะเข้ามาแทนที่ที่ว่างนี้ ทำให้เกิดการปลดปล่อยรังสีเอกซ์ออกมา พลังงานของรังสีเอกซ์นี้มีค่าเท่ากับ ผลต่างระหว่างระดับพลังงานทั้งสองของอิเล็กตรอน พลังงานของรังสีเอกซ์นี้จะเป็นลักษณะเฉพาะตัวสำหรับอะตอมของธาตุแต่ละชนิด เรียกรังสีเอกซ์ชนิดนี้ว่า รังสีเอกซ์เฉพาะตัว (Characteristic x-rays) ซึ่งประกอบด้วยอนุกรมของสเปกตรัม (Spectrum) ซึ่งมีความยาวคลื่นไม่ต่อเนื่องกัน และแต่ละสเปกตรัมจะมีความเข้มสัมพัทธ์ต่าง ๆ กัน เป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละธาตุ

รังสีเอกซ์เฉพาะตัวต่างกับรังสีเอกซ์ต่อเนื่อง (Continuous x-rays) ซึ่งหมายถึงรังสีเอกซ์ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

- ก. มีช่วงความยาวคลื่นต่อเนื่องกัน
- ข. มีความเข้มของรังสีสูงสุดและมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของรังสีอย่างทันทีทันใดตรงความยาวคลื่นของแถบขอบฟันทัน เอจ (Absorption edge) ของธาตุที่ใช้เป็นเป้า (Target)

เมื่อฉายรังสีจากคันท่าเนกไปยังวัตถุ แล้วทำให้อิเล็กตรอนที่มีความเร็วสูงถูกลดความเร็วลง จะได้รังสีเอกซ์ต่อเนื่อง คันท่าเนกของรังสีเอกซ์ต่อเนื่อง ได้แก่ อิเล็กตรอนจากกระบวนการอินเทอร์นอล คอนเวอร์ชัน (Internal conversion) โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric) คอมพ์ตัน เอฟเฟกต์ (Compton effect), ออเกอร์ อิเล็กตรอน (Auger electron) รังสีเบตา และหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ (X-ray generator)

รังสีเอกซ์เฉพาะตัวแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มคือ K, L, M, N บางครั้งในแต่ละกลุ่มยังแบ่งออกได้เป็นกลุ่มย่อย ๆ เช่น L_I, L_{II}, L_{III}

ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์เฉพาะตัว เป็นปฏิภาคกลับกับพลังงาน
คำนวณได้จากสูตร

$$E_{\text{photon}} = hc / \lambda_{\text{cm}}$$

เมื่อ

$$c = \text{ความเร็วของแสง}$$

$$\lambda = \text{ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น ซม.}$$

สำหรับธาตุหนึ่ง ๆ ที่กำหนดให้ ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์จะลดลงเมื่อผลต่างของระดับพลังงานทั้งสองเพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้น

$$\lambda_{K_{\beta_2}} (N \rightarrow K) < \lambda_{K_{\beta_1}} (M \rightarrow K) < \lambda_{K_{\alpha}} (L \rightarrow K)$$

นั่นคือความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ในกลุ่ม M จะมากกว่าความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ในกลุ่ม L และ K ตามลำดับ

แม้ว่าพลังงานของรังสีเอกซ์จากคันท่าเน็คมีค่าสูงพอที่จะกระตุ้นให้
เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวได้ทุกกลุ่ม แต่มันจะกระตุ้นเฉพาะอิเล็กตรอนที่อยู่ใน
ระดับพลังงานชั้นในสุดของอะตอม คือ ในวง K เพราะฉะนั้นรังสีเอกซ์ที่ปลด
ปล่อยออกมาส่วนมากจึงเป็น K x-ray โอกาสที่จะเกิด K x-ray
สูงสุด เมื่อพลังงานของรังสีเอกซ์จากคันท่าเน็คมีค่าใกล้เคียงกับแอมบิชอบัน
เอกซ์ แต่ถาพลังงานต่ำกว่า K absorption edge เพียงเล็กน้อย
จะไม่มีโอกาสเกิด K x-ray เลย ที่จุดนี้จะมีโอกาสเกิด L x-ray
ได้มากที่สุด โอกาสที่จะเกิด L x-ray จะมากขึ้น เมื่อพลังงานของรังสี
เอกซ์จากคันท่าเน็คมีค่าใกล้เคียง L absorption edge

ความเข้มของรังสีเอกซ์เฉพาะตัว ขึ้นอยู่กับโอกาสที่จะเกิดการแทนที่
อิเล็กตรอนวงในสุด เพราะฉะนั้นโอกาสที่จะเกิด K_{α_1} จึงมากกว่า K_{α_2}
มากกว่า K_{β_1} มากกว่า K_{β_2} ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามค่าอะตอมมิก นัมเบอร์
ของธาตุ เช่น

$$\text{อลูมิเนียม (อะตอมมิก นัมเบอร์ 13)} \quad \frac{\text{ความเข้มของ } K_{\alpha}}{\text{ความเข้มของ } K_{\beta}} = \frac{25}{1}$$

$$\text{ทองแดง (อะตอมมิก นัมเบอร์ 29)} \quad \frac{\text{ความเข้มของ } K_{\alpha}}{\text{ความเข้มของ } K_{\beta}} = \frac{5}{1}$$

$$\text{กึ่งก (อะตอมมิก นัมเบอร์ 50)} \quad \frac{\text{ความเข้มของ } K_{\alpha}}{\text{ความเข้มของ } K_{\beta}} = \frac{3}{1}$$

ทั้งนี้ เพราะว่า K_{β} เกิดจากการที่อิเล็กตรอนในวง M เข้าแทนที่
อิเล็กตรอนในวง K ซึ่งในธาตุเขา ไม่มีอิเล็กตรอนในวง M ในทำนอง
เดียวกัน จะไม่พบรังสีเอกซ์เฉพาะตัว กลุ่ม L ในธาตุเขา สำหรับธาตุที่
หนักปานกลาง และธาตุหนัก จะมีความเข้มของรังสีในกลุ่ม K และ L แยกต่าง
กันอย่างเห็นได้ชัด

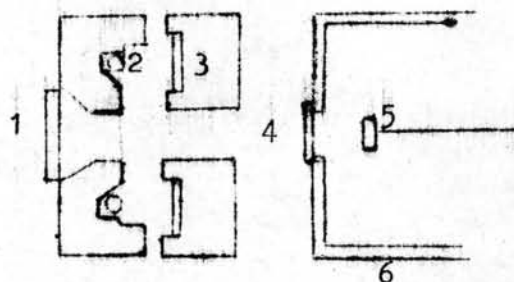
2.4 ขั้นตอนของการวิเคราะห์รังสีเอกซ์

2.4.1 ยานรังสีเอกซ์ต้นกำเนิดไปยังวัตถุตัวอย่าง เพื่อกระตุ้นให้เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัว ซึ่งมีวิธีทำได้หลายวิธีดังนี้

2.4.1.1 ใช้รังสีเอกซ์จากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ ซึ่งจะให้รังสีเอกซ์ต่อเนื่อง วิธีนี้จะใช้จำนวนนับของภูมิหลัง (background) ค่อนข้างสูง เนื่องจากรังสีเอกซ์กระจายออกมาหลังจากชนวัตถุตัวอย่าง

2.4.1.2 ใช้รังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมาจากรังสีการกระตุ้นแบบนี้จะใช้รังสีเอกซ์ต่อเนื่อง หรือเรียกว่าการเรืองรังสี (Fluorescent excitation) ซึ่งจะให้สเปกตรัม (Line spectra) วิธีนี้สะดวกและรัดกุม แต่มีขอบเขตจำกัด เนื่องจากสารรังสีต้นกำเนิดมีช่วงความยาวคลื่น หรือความเข้มของรังสีไม่พอเหมาะ

2.4.1.3 กระตุ้นทางอ้อมโดยใช้สเปกตรัมที่เกิดจากการใช้รังสีจากสารกัมมันตรังสีไปกระตุ้นวัตถุที่เหมาะสม ซึ่งจะให้สเปกตรัม วิธีนี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุ พบว่ามีข้อดีมากกว่าข้อเสีย แต่จะต้องกำบังวัตถุตัวอย่างไม่ให้ถูกรังสีจากสารกัมมันตรังสีต้นกำเนิดโดยตรง และจะต้องใช้สารกัมมันตรังสีที่มีความเข้มของรังสีสูง โดยทั่วไป ควรอยู่ในช่วง 10 - 1000 มิลลิวินาที เพื่อให้จะให้สอดคล้องกับประสิทธิภาพที่ลดลงเนื่องจากกระบวนการกระตุ้น 2 ครั้ง ในขณะเดียวกัน ประสิทธิภาพในการกระตุ้นธาตุที่สนใจจะเพิ่มขึ้น และภูมิหลังจะลดลงมาก นั่นคือ ความไว (Sensitivity) ในการหาปริมาณธาตุที่มีอยู่น้อย (Trace element) สูงขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนเป้าหรือเปลี่ยนจุดสนใจจากธาตุหนึ่งไปยังธาตุอื่น ๆ ในวัตถุตัวอย่างได้โดยสะดวก



1. วัตถุตัวอย่าง
2. ตะกั่วเน็กรังสี
3. ตะกั่ว
4. หน้าต่าง เบอริลเลียม
5. หัววัดรังสี
6. ที่ตั้งวัตถุตัวอย่าง

รูปที่ 8 แสดงแผนผังการกระตุ้นทางอ้อม ดังกล่าวในข้อ 2.4.1.3

ไม่ว่าจะเป็นการกระตุ้นโดยวิธีโค อิเล็กตรอนหรือรังสีที่ใช้อย่างใด ก็ต้องมีพลังงานสูงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนในวงโคจรรอบนิวเคลียสหลุดออก ถ้าอิเล็กตรอนถูกยึดไว้ด้วยแรงยึดเหนี่ยวสูง ยิ่งต้องใช้อิเล็กตรอนหรือรังสีที่มีพลังงานสูงขึ้น

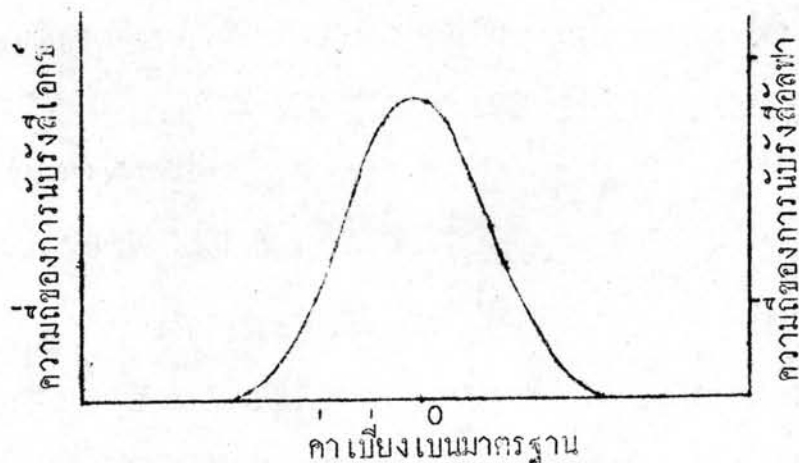
2.4.2 การแยกวัดรังสีเอกซ์เรื่อง ทำได้ 2 วิธี คือ การแยกวัดความยาวคลื่น (Wavelength dispersion) และการแยกวัดพลังงาน (Energy dispersion) การแยกวัดความยาวคลื่นทำได้โดยใช้รังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ กระตุ้นวัตถุตัวอย่างให้เกิดรังสีเอกซ์เรื่อง แล้วผ่านรังสีเอกซ์เรื่องไปยังผลึกของสารบางชนิดที่มีคุณสมบัติเฉพาะ เช่น ลิเทียม-ฟลูออไรด์ (LiF), โซเดียมคลอไรด์ (NaCl), ยิบซั่ม, ควอทซ์ เป็นต้น ซึ่งจะแยกวัดความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ และอ่านผลเป็นมุมหักเห หรือเป็นสเปกตรัม ส่วนการแยกวัดพลังงาน จะวัดพลังงานของรังสีเอกซ์เรื่อง โดยใช้เครื่องแยกวัดพลังงาน (Multichannel pulse height analyzer) และบันทึกผลการวัดเป็นอัตราการนับ (Count rate) หรือเป็นสเปกตรัม

2.4.3 คำนวณหาปริมาณขององค์ประกอบของวัตถุตัวอย่าง โดยเปลี่ยนค่าความเข้มของรังสีเอกซ์ ไปเป็นความเข้มข้นของสารที่ต้องการ โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน หรือคำนวณและแก้ค่า เนื่องจากการดูดซับ (Absorption)

2.5 ปริมาณของรังสีเอกซ์เรือง

การวัดรังสีเอกซ์ ขึ้นอยู่กับการนับจำนวนโฟตอน อัตราการนับควร **จะประมาณ** - 10,000 จำนวนนับต่อนาที (Count per minute) ถ้า อัตราการนับสูงจะมีปัญหาเกี่ยวกับวงจรของการนับ และหัววัด ถ้าอัตราการนับต่ำ จะมีปัญหาเนื่องจากค่าคลาดเคลื่อนทางสถิติ

Liebhafoky ได้ทำการทดลองพบว่ารังสีเอกซ์ที่เปล่งออกมา จะมีการกระจายความยาว และมีความคล้ายคลึงกับการสลายตัวของ สารกัมมันตรังสี และเป็นไปตามกราฟของ Gaussian distribution ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของจำนวนนับ ดังในรูปที่ 9



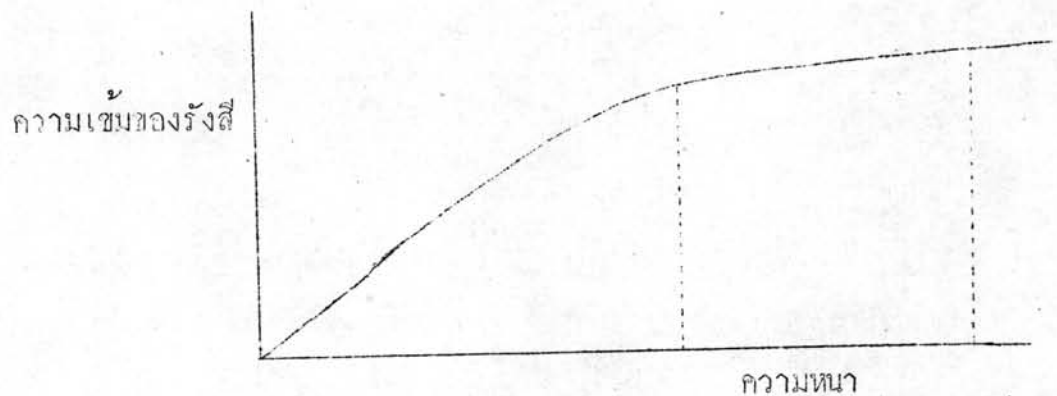
รูปที่ 9 กราฟของ Gaussian distribution

ปริมาณของรังสีเอกซ์เรือง ขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ ได้แก่ ฟลักซ์และการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ต้นเหตุ, ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรังสีเอกซ์ต้นเหตุไปเป็นรังสีเอกซ์เรือง และการจกัั้งเครื่องมือ

2.6 ความหนาวิกฤต

ถ้าเริ่มฉายรังสีเอกซ์ไปยังวัตถุตัวอย่างที่ประกอบด้วยธาตุเพียงธาตุเดียว และมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ จะสังเกตเห็นได้ว่าถ้าแผ่นฟิล์มนั้นบางมากพอ จำนวนนับจะไม่ลดลงเนื่องจากการกูดจับของรังสีเอกซ์ต้นเหตุหรือรังสีเอกซ์เรือง ความเข้มของการเรืองรังสีหรือของลำรังสีเอกซ์เฉพาะตัว จะเป็นอัตราส่วนกับจำนวนอะตอมที่ถูกฉายรังสี

เมื่อแผ่นฟิล์มค่อย ๆ หนาขึ้น ความเข้มของรังสีเอกซ์ต้นเหตุ และรังสีเอกซ์เรืองจะค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากการกูดจับรังสีเอกซ์ต้นเหตุไปบางส่วน ทำให้ลำรังสีมีความยาวคลื่นสั้นลงและมีความเข้มลดลง รังสีเอกซ์เรืองจะมีความเข้มสูงขึ้นตามความหนา จนในที่สุดเมื่อความหนามีค่ามากกว่า "ความหนาวิกฤต" รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นตรงจุดนั้นไม่สามารถทะลุผ่านมาถึงหัววัด เนื่องจากถูกกูดจับเอาไว้ ในช่วงที่ความเข้มของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวจะมีค่าคงที่ไม่เพิ่มขึ้นอีก แม้ความหนาจะเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีกับความหนาของวัตถุตัวอย่าง

ถ้าวัดตัวอย่างประกอบด้วยธาตุมากกว่า 1 ธาตุ ประสิทธิภาพในการดูดจับของแผ่นฟิล์มจะมีค่าแตกต่างกัน สำหรับแต่ละสเปกตรัมของแต่ละธาตุ เพราะฉะนั้นความหนาวิกฤตจะมีค่าต่างกันสำหรับแต่ละสเปกตรัม

2.7 การวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธีเรืองรังสีเอกซ์

การวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุในตัวอย่าง ขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการวัดความเข้มของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของธาตุที่ต้องการ จากค่าความเข้มของรังสีเอกซ์ที่วัดได้ (I_u) จะนำไปเปรียบเทียบกับความเข้มของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่วัดได้จากวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน ซึ่งทราบส่วนประกอบที่แน่นอน (I_s) อัตราส่วนระหว่าง I_s กับ I_u ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของธาตุนั้น ๆ ในวัตถุตัวอย่าง และขึ้นกับปริมาณของธาตุนั้น ๆ ที่ปรากฏอยู่ในวัตถุตัวอย่างนั้น

เพื่อให้ได้ผลดี ควรใช้วัตถุตัวอย่างมาตรฐานที่มีองค์ประกอบที่แน่นอนหลาย ๆ ตัวอย่าง และวัดหลาย ๆ ครั้ง แล้วเขียนกราฟ ถ้าวัตถุตัวอย่างประกอบด้วยธาตุหลายชนิด กราฟจะไม่เป็นเส้นตรง ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของการดูดจับของธาตุนั้น ๆ (Matrix absorption) และการกระตุ้นหลาย ๆ ครั้ง (Multiple excitation)

การดูดจับของธาตุนั้น ๆ ประกอบด้วยการดูดจับรังสีเอกซ์ที่เกิดจากการกระตุ้นโดยตรง และจากการเรืองรังสีภายในวัตถุตัวอย่าง สัมประสิทธิ์ในการดูดจับรังสีเอกซ์ขึ้นกับความหนาแน่นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ เพราะฉะนั้น ถ้าองค์ประกอบของวัตถุเปลี่ยนแปลงไป การดูดจับรังสีเอกซ์ของวัตถุตัวอย่างจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทำให้ความเข้มของรังสีเอกซ์ที่วัดได้มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง

การกระตุ้นหลาย ๆ ครั้ง เกิดขึ้นเมื่อรังสีเอกซ์ที่เกิดจากการเรืองรังสีของธาตุนั้นในวัตถุตัวอย่างไปกระตุ้นรังสีเอกซ์ที่เกิดจากการเรืองรังสีเอกซ์

ของอีกธาตุหนึ่งในวัตถุตัวอย่าง ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ ที่เกิดจากการ เรืองรังสีของธาตุแรกสั้นกว่าค่าแบริชอนั้น เอกซ์ ของธาตุที่ 2 เป็นเหตุให้ความเข้มของรังสีจากธาตุที่ 2 มีค่ามากขึ้น

2.8 ความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์โดยวิธีเรืองรังสีเอกซ์ เกิดจากสาเหตุหลายประการดังต่อไปนี้

1. ความคลาดเคลื่อนทางสถิติของหัววัด
2. ภูมิหลัง (Background)
3. การคำนวณหาซีกร้ากัศทำสุคของการวัด
4. การกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ต้นเหตุ
5. การเตรียมวัตถุตัวอย่าง
6. ความเป็นเนื้อเดียวกันของวัตถุตัวอย่าง
7. อิทธิพลทางเคมี เกี่ยวกับอะตอมมิก นัมเบอร์ ของธาตุ เมื่ออะตอมมิก นัมเบอร์ มีค่าน้อย จะมีอิทธิพลของเวเลนซี ซึ่งจะทำให้ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์คลาดเคลื่อนไป
8. ตำแหน่งของวัตถุตัวอย่าง ในขณะรับรังสีเอกซ์
9. อิทธิพลของการกูดจับของธาตุอื่น ๆ ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มชนและความเข้มของรังสี เบี่ยงเบนออกไปจากลักษณะเส้นตรงเมื่อมีธาตุอื่น ๆ อยู่ในวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน แต่ไม่มีธาตุนั้น ๆ ในวัตถุตัวอย่างหรือในทางกลับกัน จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากการกูดจับรังสีเอกซ์ในวัตถุตัวอย่างและวัตถุตัวอย่างมาตรฐานไม่เท่ากัน
10. วิธีการกระตุ้น

2.9 ข้อดีและข้อเสีย

ข้อดีของการวิเคราะห์โดยวิธีเร่องรังสีเอกซ์มีหลายประการดังต่อไปนี้

1. สเปกตรัมของรังสีเอกซ์มีลักษณะธรรมดา และสม่ำเสมอ โดยทั่วไปธาตุแต่ละธาตุมี K, L, M สเปกตรัมเหมือนกัน และความยาวคลื่นของแต่ละเส้นแปรเปลี่ยนอย่างสม่ำเสมอตามอะตอมมิก นัมเบอร์ โดยไม่ว่าธาตุนั้นอยู่ในสถานะอะไร อาจเป็นโลหะ, อโลหะ, ของเหลว หรือ ก๊าซ ก็ได้
2. การกระตุ้น และการตรวจจับ เปลี่ยนตามอะตอมมิก นัมเบอร์ ในลักษณะเดียวกันและสม่ำเสมอ
3. อิทธิพลของการตรวจจับของธาตุอื่น ๆ เกิดขึ้นทั้งในการเร่องรังสีเอกซ์ และในการวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่น แต่ในการเร่องรังสีเอกซ์มีวิธีหลาย ๆ อย่าง สำหรับลดปรากฏการณ์นี้ เช่น การเตรียมวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน, การคำนวณการใช้เครื่องมือและเทคนิคบางอย่าง เป็นต้น
4. การรบกวนสเปกตรัมไม่ค่อยเกิดขึ้นบ่อยนัก แต่เมื่อเกิดขึ้นก็มีวิธีแก้หลายวิธี เช่น เลือกเฉพาะสเปกตรัมที่สนใจ, เลือกใช้ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ และเป้าที่เหมาะสม, เลือกใช้หัววัดที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับธาตุที่ต้องการวัด และหัววัดที่มีประสิทธิภาพต่ำสำหรับธาตุที่รบกวน เป็นต้น
5. ไม่มีการทำลายวัตถุตัวอย่าง ไม่ต้องการเตรียมวัตถุตัวอย่างหรือ อาจต้องเตรียมเพียงเล็กน้อย สามารถทำการวิเคราะห์ซ้ำได้อีก หรืออาจใช้กรรมวิธีบางอย่างกับวัตถุตัวอย่างก่อนที่จะวิเคราะห์อีกครั้ง เพราะฉะนั้นวิธีนี้จึงเหมาะต่อการวิเคราะห์หลักฐานหรือร่องรอยทางการสืบสวน และศิลปโบราณวัตถุที่มีค่าสูง
6. สามารถใช้กับวัตถุตัวอย่างหลายชนิด เช่น โลหะ, อโลหะ, แร่ เครื่องปั้นดินเผา, พลาสติก, ยาง, ไม้, กระดาษ และอื่น ๆ

2.9 ข้อดีและข้อเสีย

ข้อดีของการวิเคราะห์โดยวิธีเร่องรังสีเอกซ์มีหลายประการดังต่อไปนี้

1. สเปกตรัมของรังสีเอกซ์มีลักษณะธรรมดา และสม่ำเสมอ โดยทั่วไปธาตุแต่ละธาตุมี K, L, M สเปกตรัมเหมือนกัน และความยาวคลื่นของแต่ละเส้นแปรเปลี่ยนอย่างสม่ำเสมอตามอะตอมมิก นัมเบอร์ โดยไม่คำนึงว่าธาตุนั้นอยู่ในสถานะอะไร อาจเป็นโลหะ, อโลหะ, ของเหลว หรือ ก๊าซ ก็ได้
2. การกระตุ้น และการดูดซับ เปลี่ยนตามอะตอมมิก นัมเบอร์ ในลักษณะเดียวกันและสม่ำเสมอ
3. อิทธิพลของการดูดซับของธาตุอื่น ๆ เกิดขึ้นทั้งในการเร่องรังสีเอกซ์ และในการวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่น แต่ในการเร่องรังสีเอกซ์มีวิธีหลาย ๆ อย่าง สำหรับลดปรากฏการณ์นี้ เช่น การเตรียมวัตถุตัวอย่างมาตรฐาน, การคำนวณการใช้เครื่องมือและเทคนิคบางอย่าง เป็นต้น
4. การรบกวนสเปกตรัมไม่ค่อยเกิดขึ้นบ่อยนัก แต่เมื่อเกิดขึ้นก็มีวิธีแก้หลายวิธี เช่น เลือกเฉพาะสเปกตรัมที่สนใจ, เลือกใช้ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ และเป้าที่เหมาะสม, เลือกใช้หัววัดที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับธาตุที่ต้องการวัด และหัววัดที่มีประสิทธิภาพต่ำสำหรับธาตุที่รบกวน เป็นต้น
5. ไม่มีการทำลายวัตถุตัวอย่าง ไม่ต้องการเตรียมวัตถุตัวอย่างหรืออาจต้องเตรียมเพียงเล็กน้อย สามารถทำการวิเคราะห์ซ้ำได้ซ้ำ ๆ หรืออาจใช้กรรมวิธีบางอย่างกับวัตถุตัวอย่างก่อนที่จะวิเคราะห์อีกครั้ง เพราะฉะนั้นวิธีนี้จึงเหมาะต่อการวิเคราะห์หลักฐานหรือร่องรอยทางการสืบสวน และศิลปะโบราณวัตถุที่มีค่าสูง
6. สามารถใช้กับวัตถุตัวอย่างหลายชนิด เช่น โลหะ, อโลหะ, แร่ เครื่องปั้นดินเผา, พลาสติก, ยาง, ไม้, กระดาษ และอื่น ๆ

7. ไม่จำกัดขนาดของวัตถุตัวอย่าง อาจมีขนาดเล็กมากเป็นจุดเล็ก ๆ หรือเป็นแผ่นบางๆ หรือมีขนาดใหญ่หลายๆ ก็ได้ รูปร่างอาจเรียบ, เป็นทรงกระบอก, เป็นเส้นใย หรือไม่มีรูปร่างก็ได้ วัตถุที่ต้องการวิเคราะห์อาจกระจายอยู่บนกระดาษกรอง, แผ่นฟิล์ม, กระดาษขาว หรือไลออนเอกเซนจ์เรซิน นอกจากนี้อาจเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันในขณะวัดได้ด้วย

8. สามารถเลือกใช้ส่วนประกอบของเครื่องมือหลายๆ แบบ และใช้วิธีการต่างๆ กัน

9. สามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี และใช้เทคนิคในการเตรียมวัตถุตัวอย่างต่าง ๆ กัน

10. สามารถเลือกพื้นที่สำหรับวิเคราะห์ได้ โดยอาจเลือกพื้นที่ที่เล็กที่สุดเพื่อหลีกเลี่ยงการเปื้อนอะเปื้อนสูญหาย หรือเลือกพื้นที่ที่เป็นเนื้อเดียวกัน และสามารถเลือกความหนาและองค์ประกอบของวัตถุตัวอย่างที่เป็นแผ่นบาง ๆ ได้

11. สามารถวิเคราะห์หาปริมาณอย่างรวดเร็ว ๆ ได้รวดเร็ว โดยการคำนวณ

12. สามารถใช้ได้กับความเข้มข้นในช่วงกว้างมากตั้งแต่ 0.0001 ถึง 100 % สำหรับธาตุที่อยู่เหนือฟลูออรีน ในตารางธาตุ เพราะฉะนั้นจึงสามารถหาธาตุที่มีเป็นปริมาณน้อย (Trace) ได้โดยไม่ต้องมีการแยกทางเคมีหรือฟิสิกส์

13. ความไว (Sensitivity) ในการวิเคราะห์สูงมาก เนื่องจากสามารถเลือกเทคนิคและส่วนประกอบของเครื่องมือเพื่อให้ได้ความไวสูงสุดสำหรับการวิเคราะห์ธาตุแต่ละอย่าง

14. ความถูกต้องและแม่นยำดีมาก เพราะสามารถเลือกจำนวนนับสะสมที่พอเหมาะ เพื่อให้ถูกต้องมากที่สุด และเนื่องจากพื้นที่ที่ถูกรังสีมีหน่วยเป็นตาราง ซม. จึงไม่ค่อยมีปัญหาในเรื่องความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

15. สามารถวิเคราะห์วัตถุตัวอย่างจำนวนมาก ๆ ได้อย่างรวดเร็ว แม้จะต้องมีการเตรียมวัตถุตัวอย่าง วิธีนี้ก็ยังคงสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีอื่น ๆ

16. สามารถดัดแปลงให้เป็นระบบอัตโนมัติ สำหรับใช้ในการอุตสาหกรรม

17. สามารถใช้ร่วมกับการวิเคราะห์วิธีอื่น ๆ ได้ เช่น

การดูดซับรังสีเอกซ์ (X-ray absorption)

การดูดซับรังสีอินฟราเรด (Infra red absorption)

การหักเหรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction)

โครมาโตกราฟี (Chromatography)

อิเล็กโทรโฟเรซิส (Electrophoresis)

การฉายรังสี (Radioactivation)



ข้อเสียของการวิเคราะห์โดยวิธีนี้ มีดังนี้คือ

1. ธาตุที่มีน้ำหนักเบา (อะตอมมิก นัมเบอร์ ต่ำกว่า 22) จะวิเคราะห์ได้ยาก

2. การวิเคราะห์วิธีนี้จะไคน์ลดี ถ้าวัตถุตัวอย่างไม่หนามาก หรือถ้าวัตถุตัวอย่างหนา ก็ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากจะวิเคราะห์ได้เฉพาะผิว นอกเท่านั้น

3. ในการวิเคราะห์หาปริมาณ วัตถุตัวอย่างมาตรฐานจะต้องมีส่วนประกอบใกล้เคียงกับวัตถุตัวอย่างให้มากที่สุด และต้องมีรูปร่างฟิสิกส์เหมือนกันด้วย ถ้าไม่สามารถหาวัตถุตัวอย่างมาตรฐานที่มีคุณสมบัติดังกล่าว จะต้องทำให้วัตถุตัวอย่างและวัตถุตัวอย่างมาตรฐานมีรูปร่างอย่างเดียวกัน โดยการบด

เป็นยง หรือทำเป็นสารละลาย หรือหลอมให้ละลาย ซึ่งวิธีการดังกล่าว ทำให้การปฏิบัติงานล่าช้าและไม่สะดวกเท่าที่ควร

4. การเตรียมเครื่องมือ ต้องอาศัยเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้า ต้องวิเคราะห์หัตถวัตถุอย่างในลักษณะต่าง ๆ กัน หรือมีการ เปลี่ยนรูปวัตถุ ตัวอย่าง

5. ไม่สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ทุกธาตุ โดยไม่เปลี่ยนส่วนประกอบ ของเครื่องมือ

6. ความคลาดเคลื่อนจะสูงขึ้น เมื่อมีการ เปลี่ยนแปลงส่วนประกอบ ของเครื่องมือมากขึ้น

7. อิทธิพลของการก่อกวนของธาตุอื่น มีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มของรังสี และความเข้มของสาร

8. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่อนข้างสูง