

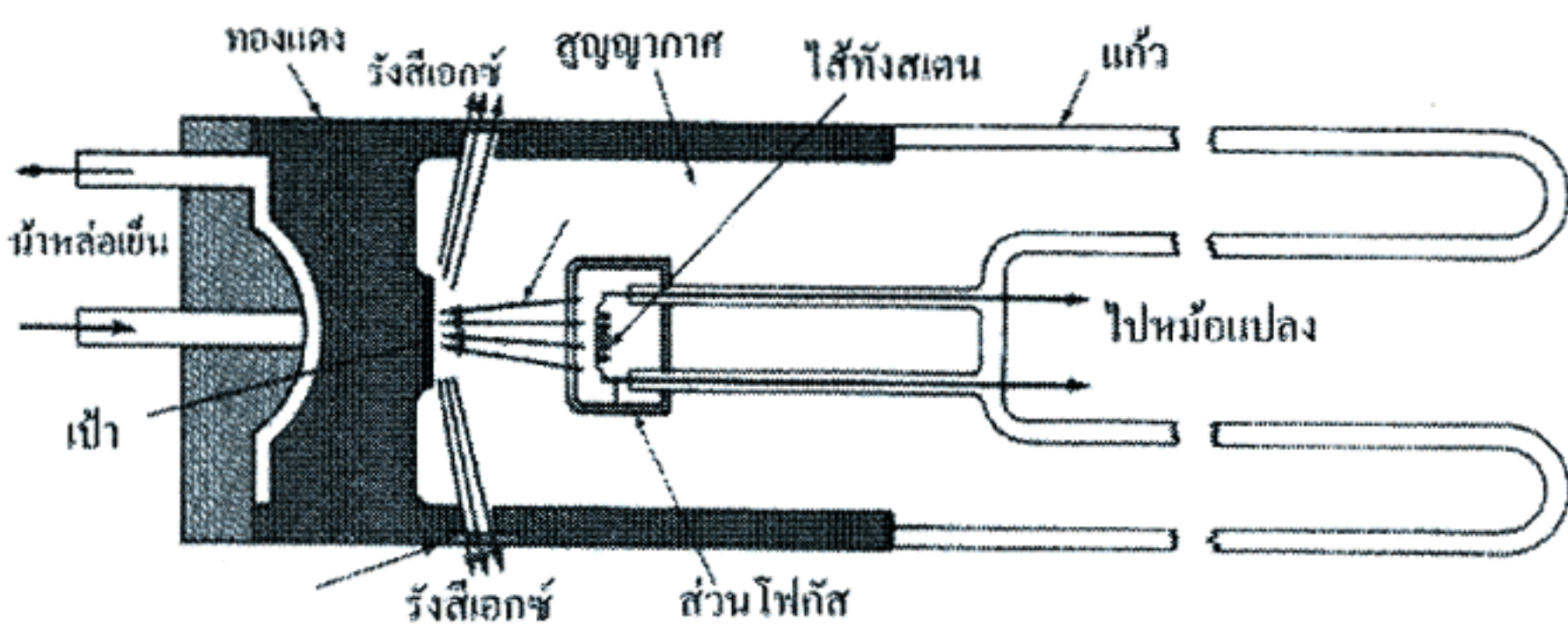
	<b>แผนการสอน</b>	รหัสรายวิชา 01-440-308		
		บทเรียนที่	26	
	เทคนิคการตรวจสอบโครงสร้างผลึก	เวลา	75	นาที

- จุดประสงค์** 261 บอกรูปแบบของรังสีที่ใช้ในการตรวจสอบ  
262 ใช้สมการของแบรกก์ คำนวณโครงสร้างผลึก

### การศึกษาโครงสร้างของผลึกโดยใช้รังสีเอกซ์

#### 1. การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์

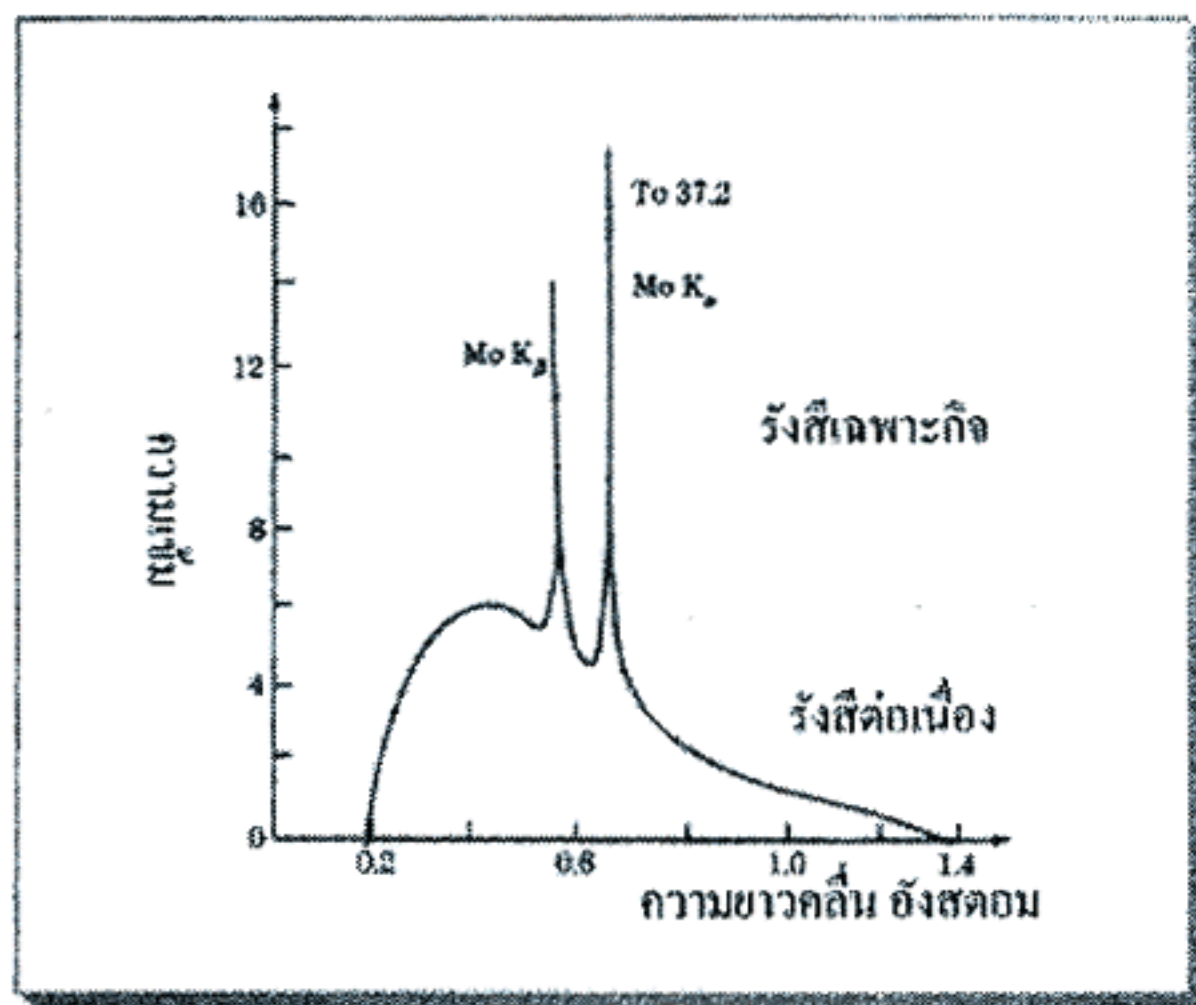
รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงและมีความยาวคลื่นระหว่าง 0.05-0.25 นาโนเมตร รังสีเอกซ์เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่ถูกเร่งในสนามไฟฟ้าจนมีพลังงานสูงมาก วิ่งเข้าชนเป้าโลหะหนัก ดังรูป



**ภาพ** แสดงภาคตัดขวางของหลอดรังสีเอกซ์

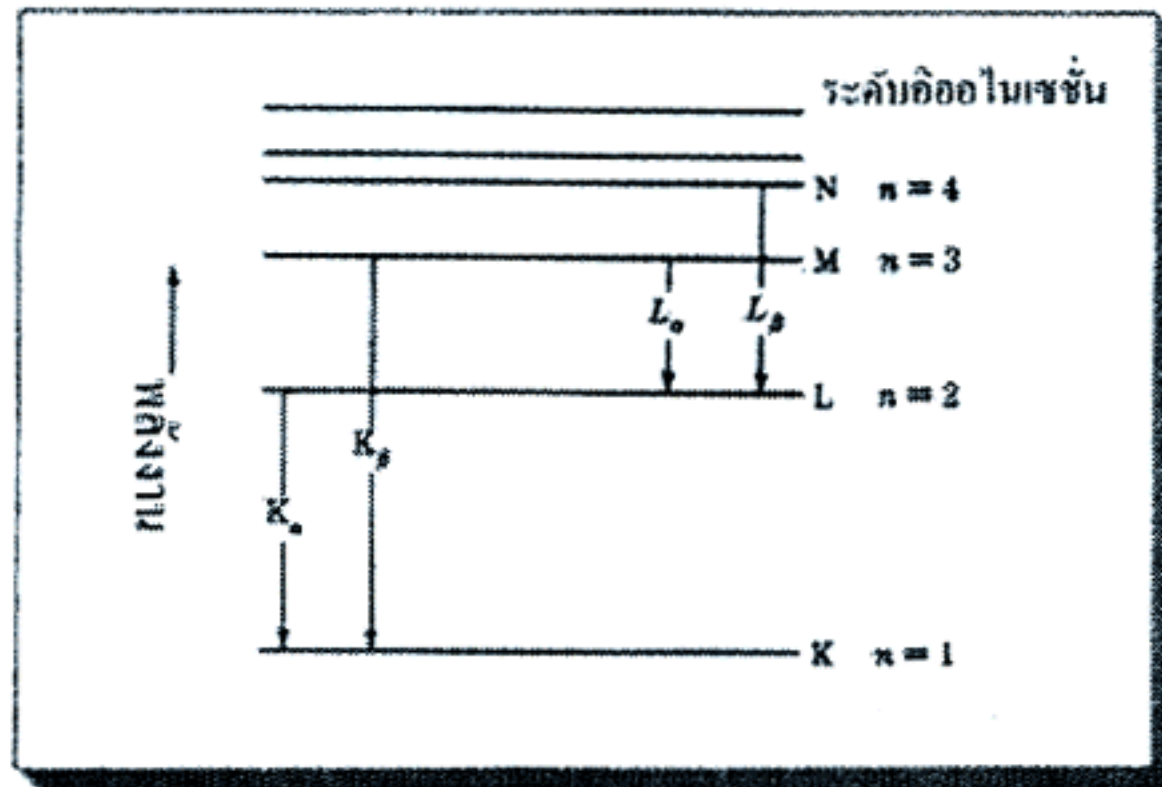
ผลของการชนก่อให้เกิดรังสีเอกซ์ 2 ชนิด คือ

1. รังสีต่อเนื่อง
2. รังสีเฉพาะกิจ

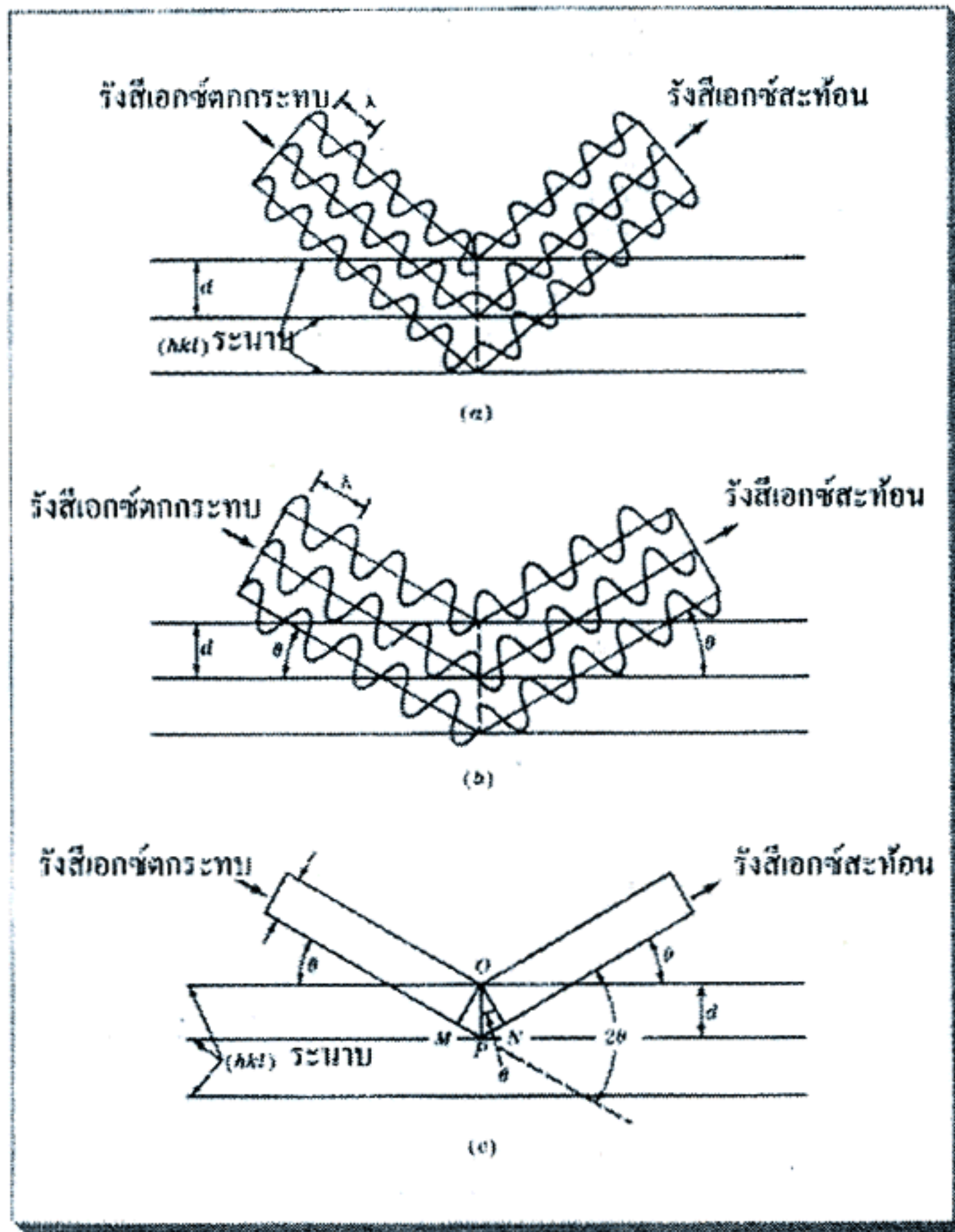


**ภาพ** ช่วงสเปกตรัมของรังสีเอกซ์เมื่อใช้โลหะ โมลิบดินัมเป็นเป้าและใช้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูง ถึง 35 กิโลโวลต์

รังสีเอกซ์จะแสดงสมบัติเชิงคลื่น คือเกิดการเลี้ยวเบน เมื่อรังสีผ่านช่องว่างระหว่างอะตอมในผลึกและหลังจากคลื่นผ่านโครงสร้างผลึกออกมาจะเกิดการแทรกสอดทั้งแบบเสริมและหักล้างกัน แบริก (Bragg) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวอังกฤษได้ตั้งกฎการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ไว้ว่า “รังสีเอกซ์จะแทรกสอดกันแบบเสริมกันมากที่สุด เมื่อมีการกระเจิงออกจากแต่ละระนาบด้วยความยาวคลื่นที่แตกต่างกันเป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่นรังสีเอกซ์” เรียกกฎนี้ว่า กฎของแบรกก์



ภาพ ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมของโลหะ โมลิบดีนัม



ภาพ (a) - (b) การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์  
(c) ทางเดินของรังสีเอกซ์

จากรูป (c) รังสีเอกซ์ที่ 1 เฟสเดียวกันกับรังสีเอกซ์ที่ 2 แต่รังสีที่ 2 มีทางเดินรังสียาวกว่าทางเดินของรังสีที่ 1 เป็นระยะทาง  $MP + PN$  จากกฎของแบรกก์ ผลต่างทางเดินนี้ต้องมีค่าเท่ากับ  $n\lambda$  โดยที่  $n$  หมายถึงจำนวนเท่าและ  $\lambda$  คือความยาวคลื่น นอกจากนั้นจะเห็นว่า ระยะ  $MP$  และ  $PN$  ต่างมีค่าเท่ากับ  $d_{hkl} \sin\theta$  ดังนั้น

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin\theta$$

เมื่อ  $d_{hkl}$  คือระยะระหว่างระนาบ

$\theta$  คือมุมสะท้อนจากระนาบแบรกก์ของรังสีเอกซ์ ซึ่งจะเท่ากับมุมตกกระทบ

$n$  คืออันดับการเลี้ยวเบน มีค่าตั้งแต่ 1, 2, 3, ...



**ภาพ** เครื่องทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์รอบ ๆ เครื่องจะต้องมีตัวป้องกันรังสีอย่างดี

**ตัวอย่าง** เหล็กมีโครงสร้างผลึกแบบ bcc กระทบด้วยรังสีเอกซ์ที่มีความยาวคลื่น 0.1541 นาโนเมตร แล้วเกิดการเลี้ยวเบนจากกลุ่มระนาบ [110] ที่มุมเลี้ยวเบนเท่ากับ  $44.704^\circ$  จงคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซ ( $a$ ) ของเซลล์หน่วยนี้ที่อันดับการเลี้ยวเบนอันดับที่ 1

**วิธีทำ**

$$2\theta = 44.704^\circ$$

ดังนั้น

$$\theta = 22.35^\circ$$

$$d_{110} = \frac{\lambda}{2 \sin\theta} = \frac{0.1541 \text{ นาโนเมตร}}{2 \sin(22.35^\circ)}$$

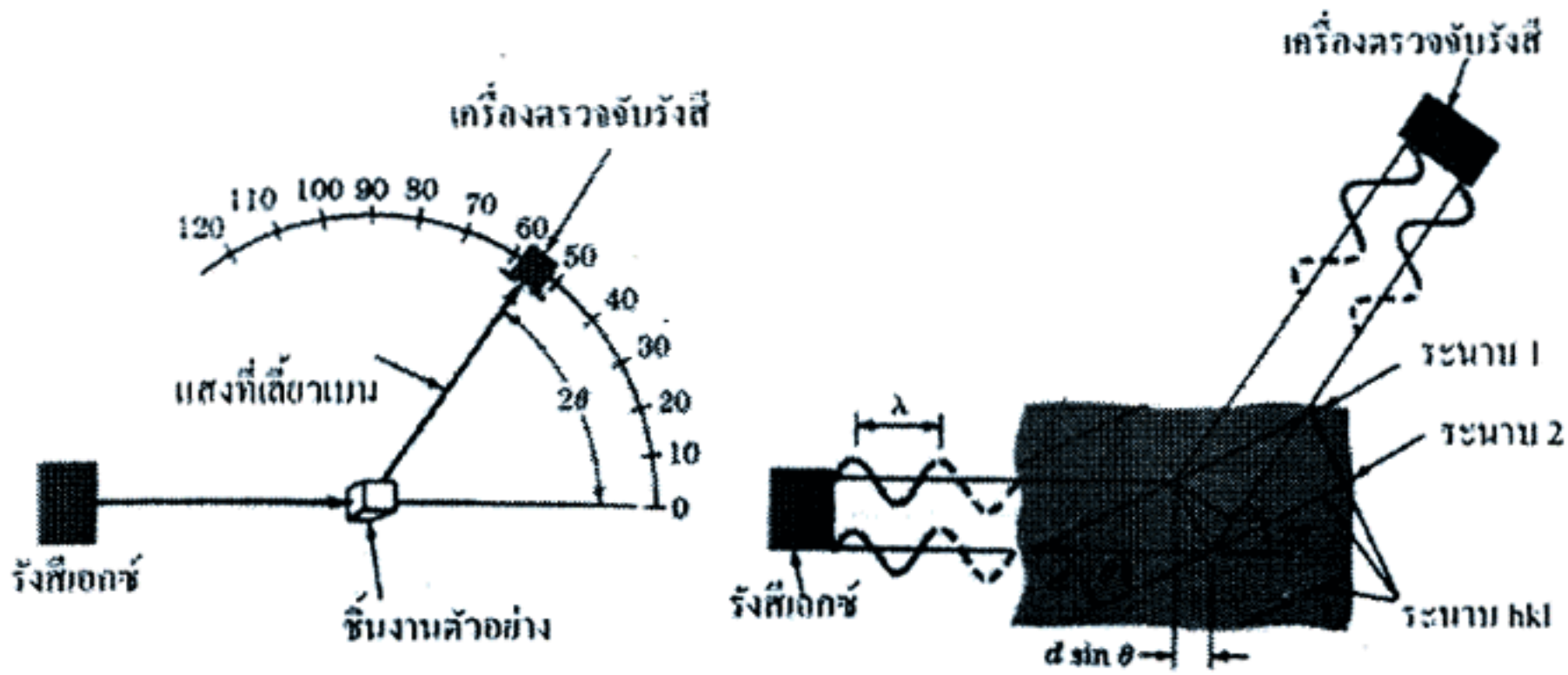
$$= \frac{0.1541 \text{ นาโนเมตร}}{2(0.3803)}$$

$$= 0.2026 \text{ นาโนเมตร}$$

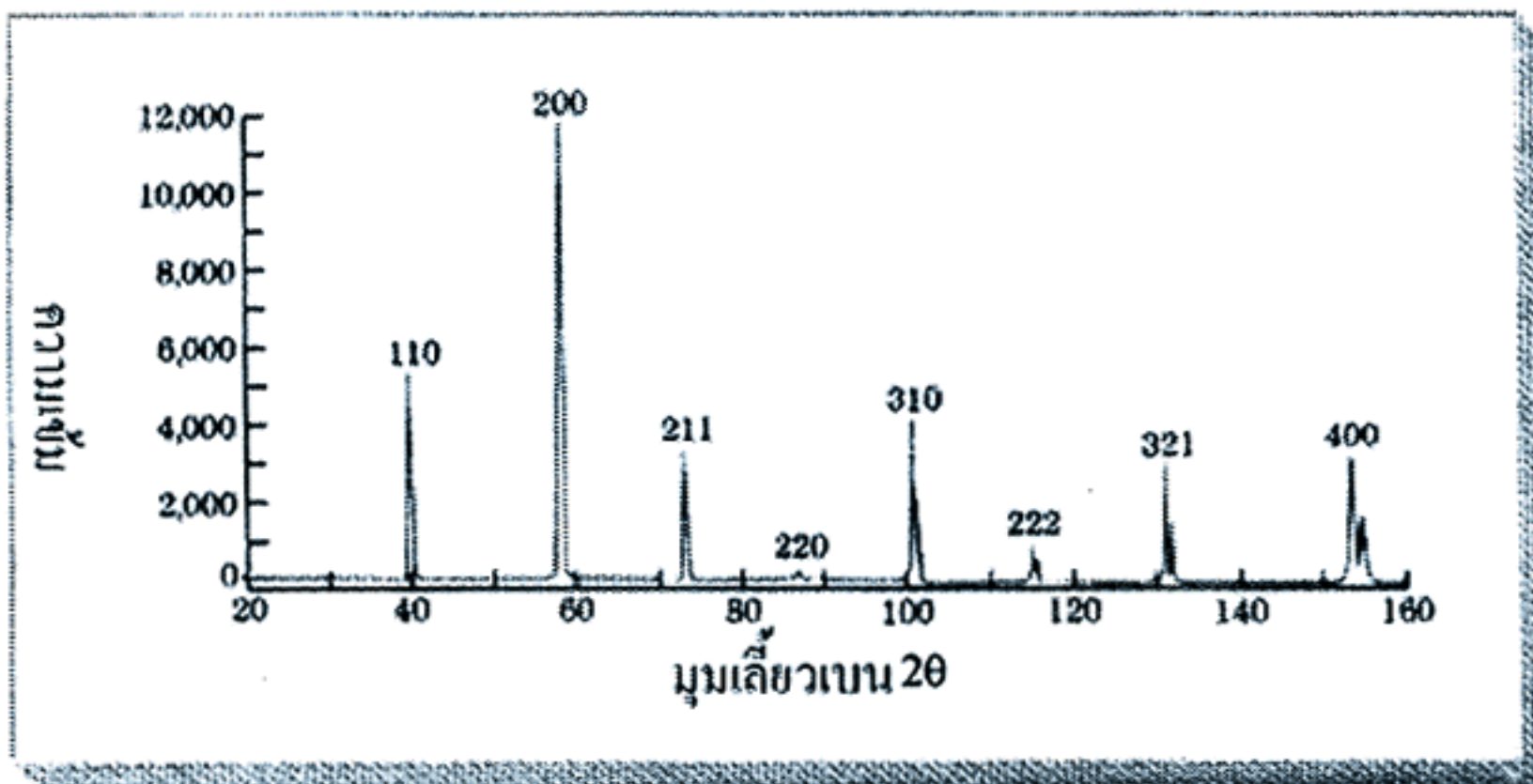
จากสมการ

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น } a &= d_{hkl} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\
 &= d_{110} \sqrt{1^2 + 1^2 + 0^2} \\
 &= (0.206 \text{ nm})(1.414) \\
 &= 0.287 \text{ นาโนเมตร}
 \end{aligned}$$



**ภาพ** การทดลองการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์



**ภาพ** ลวดลายการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ผ่านโลหะทั้งสแตน โดยมีมุมที่รังสีสะท้อนทำกับระนาบที่ขนานกับรังสีตกกระทบ เรียกว่ามุมเลี้ยวเบน ซึ่งมีค่าเป็น 2 เท่าของมุมสะท้อน ในกราฟจะเห็นว่า มีหลายระนาบที่รังสีเอกซ์ไปสะท้อน

วิธีสอนและกิจกรรม	บรรยายและซักถาม	
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	9,18,20
	เอกสารประกอบ	เอกสาร โรเนียว
	วัสดุโสตทัศน	แผ่นใส
งานที่มอบหมาย	ทดลองการตรวจสอบด้วย x-ray	
การวัดผล	ตรวจดูความถูกต้องและความปลอดภัย	

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1</b> <span style="float: right;"></span>	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2</b> <span style="float: right;"></span>	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป</b> <span style="float: right;"></span>	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

