

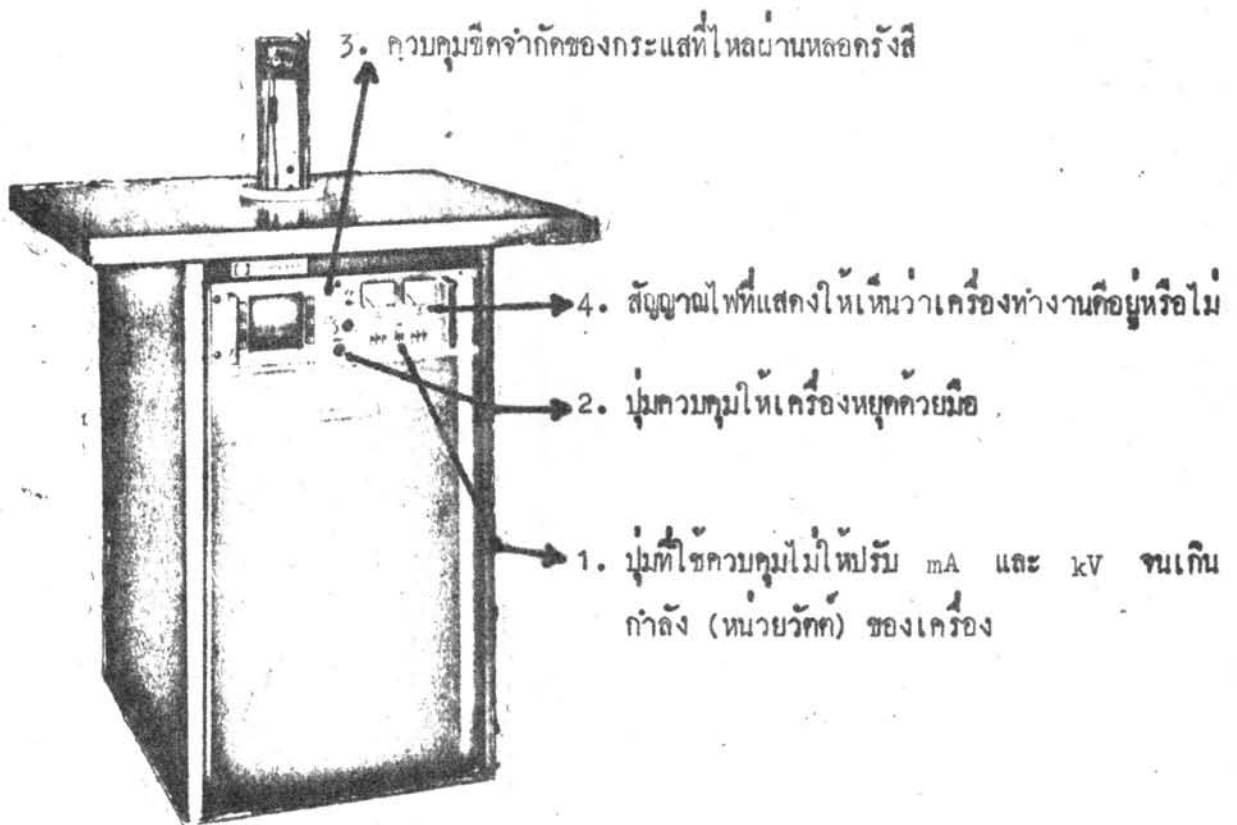
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



4.1 ท้นกำเนิดรังสี

4.1.1 หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์

หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ที่นำมาใช้ออกแบบ เพื่อจุดประสงค์ในการทดลอง .
เกี่ยวกับการ เบี่ยงเบนรังสีเอกซ์ ผลิตโดยบริษัท RICH, SEIFERT & CO RONTGENWERK
ประเทศเยอรมันตะวันตก ดังแสดงในรูป 4.1



(7)
รูปที่ 4.1 หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ผลิตโดย RICH
SEIFERT & CO RONTGENWERK

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ให้ Output Voltage ในช่วง 1 - 60 kV และ Output current 1 - 100 mA แต่ในการปรับ kV และ mA นั้น จะต้องไม่ทำให้กำลังของหลอด (power) มากกว่า 3 kW เช่น ถ้าใช้ค่า kV = 60 แล้วจะต้องตั้ง mA ให้ไม่เกิน 50 mA เพราะขณะนี้กำลังของหลอดเท่ากับ $60 \text{ kV} \times 50 \text{ mA} = 3 \text{ kW}$ พอดี

ในการตั้ง mA และ kV นั้นให้ตั้งตามค่าที่ต้องการใช้ ในการทดลองเลย ก่อนที่จะได้เครื่องควบคุมหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ทำงาน ในกรณีที่ต้องการจะปรับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์จากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์แล้ว ปรับ mA ไม่ควรปรับ แต่ปรับ kV ปรับได้เพิ่มหรือลด ได้ครั้งละ 1 kV จนกว่าถึงค่าที่ต้องการ และถ้าต้องการปรับ mA จริง ๆ แล้วขอให้หยุดเครื่องควบคุมหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์เสียก่อน เมื่อปรับ mA จนได้ค่าตามต้องการแล้วค่อยให้ทำงานต่อไป

4.1.2 ห้องหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์

ส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้

4.1.2.1 ชั้ตเตอร์ที่ควบคุมหน้าต่าง 4 ด้าน โดยระบบแม่เหล็กไฟฟ้า

4.1.2.2 หลอดไฟสีแฉง 4 หลอด

4.1.2.3 ตัวกรองรังสี 4 ตัว ประกอบด้วย Co, Zr, Pa, Ni และช่องว่าง

4.1.2.4 แผ่นโลหะกลมที่สามารถปรับให้หมุนรอบแกนในแนวละ-
ติจุก

4.1.3 ต้นกำเนิดรังสีไอโซโทป

ต้นกำเนิดรังสีไอโซโทปมีหลายตัว แต่ที่นิยมมีใช้บ่อย ๆ คือ $\text{Pm}^{147}/\text{Al}$, $\text{Cd} - 109$, $\text{Am} - 241$ และ $\text{Pu} - 238$ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.2 เครื่องวัดรังสีเอกซ์

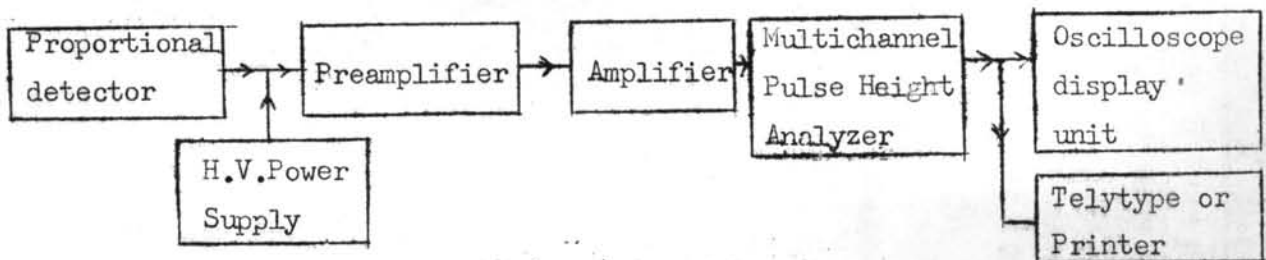
ตารางที่ 4.1 (8)

ชนิดกำเนิดรังสี	ครึ่งชีวิต	ชนิดรังสี	พลังงาน(keV)	รอยละ	ปริมาณ (mCi)
Pm ¹⁴⁷ /Al Annular Source	2.62 Yr	รังสีเอกซ์คอ เนือง	10 - 100	0.4	500
Cd - 109 Annular Source	453d	Ag K x-ray	22.1-25	101	10
Am - 241 Disc Source	458d	Np L.x-ray Gamma	11.9-22.2 59.57	37 36	10
Pu - 238 Annular Source	86Yr	U L.x-ray	11.6-21.7	13	10

เครื่องวัดรังสีเอกซ์ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

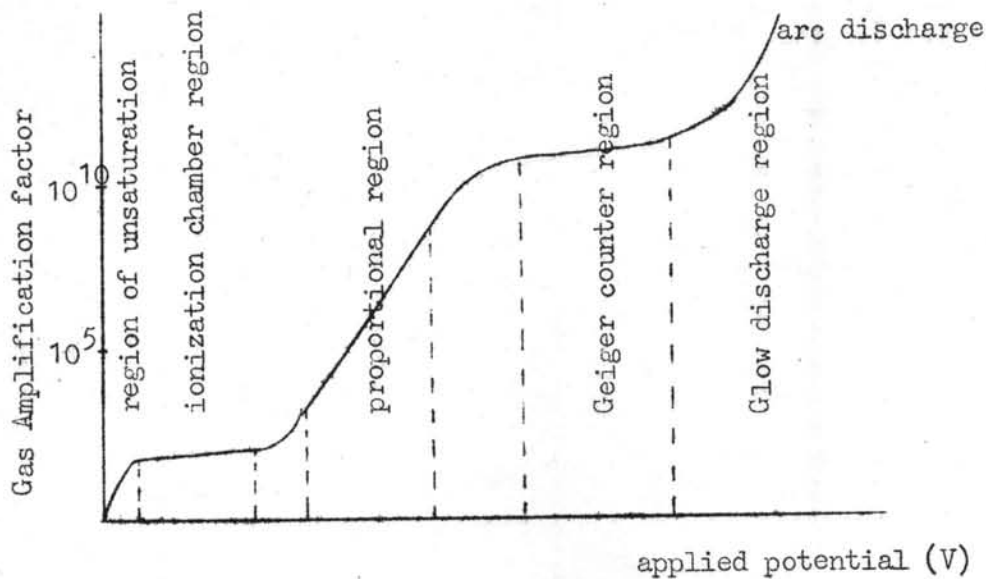
- 4.2.1 X-rays proportional detector filled with Ar or Xe gas
- 4.2.2 ORTEC model 456 High Voltage Power Supply
- 4.2.3 ORTEC model 109 PC preamplifier
- 4.2.4 CANBERRA 816 Amplifier
- 4.2.5 TRACOR NORTHERN TN 1706 1024 Pulse Height Analyzer
- 4.2.6 TN-1314 Oscilloscope display unit
- 4.2.7 Model 3320 Teletype ASR 33

ส่วนแผนภาพการจักระื่องมือ ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงการจักระื่องมือในการวัด

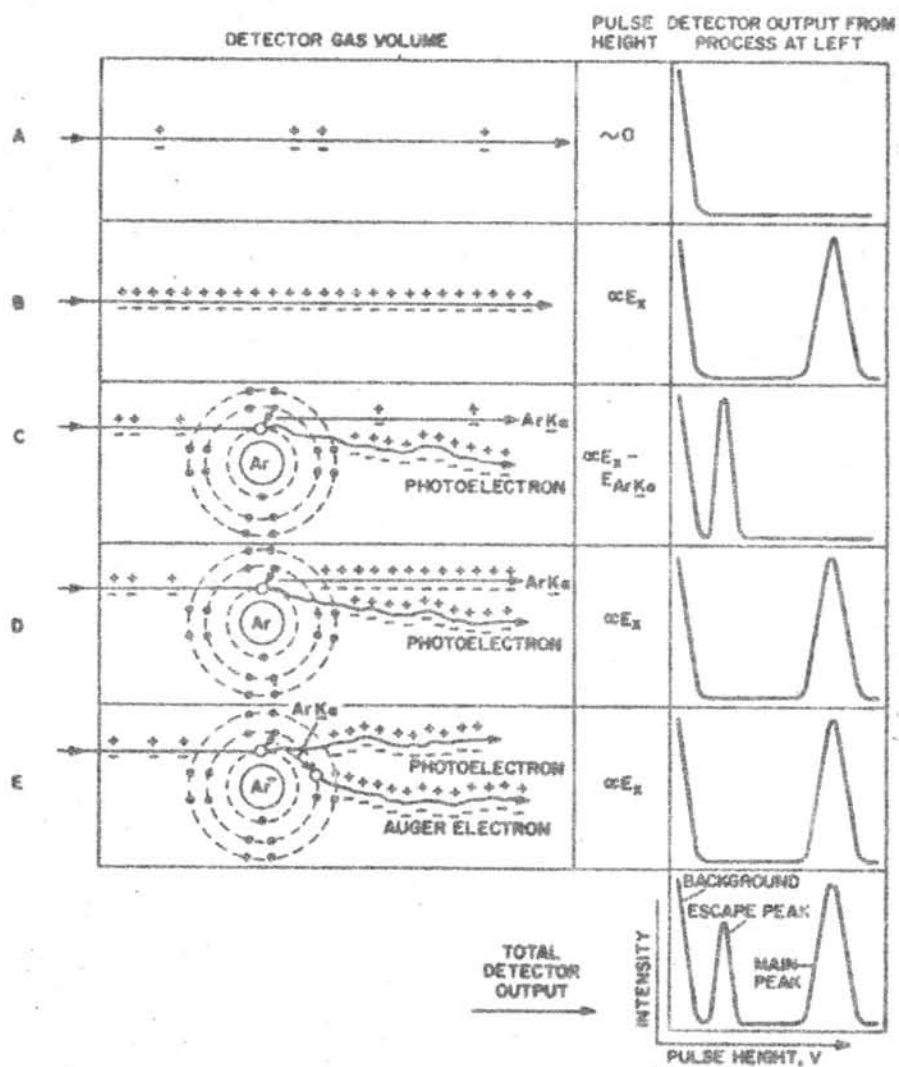
4.2.1.1 หัววัดรังสีเอกซ์แบบพรอพพอร์ชันเนล (proportional detector)



(1)
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Gas - amplification factor กับ applied potential สำหรับหัววัดรังสีเอกซ์ชนิดที่บรรจุ ก๊าซกาซ

จากรูปที่ 4.3 ในช่วงของหัววัดแบบพรอพพอร์ชันเนล ความต่างศักย์ที่ให้กับ ขั้วอะโนด และแคโทดของหัววัดสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิด avalanche แต่เกิด ในช่วงจำกัดบริเวณเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดที่ใช้ทำเป็นขั้วอะโนด โดยที่อิเล็กตรอน 1 ตัว จะทำให้เกิด avalanche เพียง 1 ครั้ง แต่ค่า gas amplification มีค่าในมั่ว $10^2 - 10^5$ จำนวนครั้งของการเกิด avalanche จะแปรผันตาม จำนวนการเกิดไอออนไนซ์คอนเริ่มต้น ปริมาณของอิเล็กตรอนทั้งหมดที่วิ่งไปยังขั้วอะ โนดจะแปรผันตามพลังงานของเอกซเรย์โฟตอน หลังจากเอกซเรย์โฟตอนถูกดูดกลืน ภายในหัววัดรังสีจะได้อิทธิพลไฟฟ้าที่กระจาย แบบเกาส์เซียน (Gaussian) ออก มาจากหัววัด โดยที่ขนาดความสูงของสัญญาณ (pulse height) จะแปรผัน ตาม ขนาดของพลังงานเอกซเรย์โฟตอนเช่นเดียวกัน

ต่อไปจะแสดงการทำงานของหัววัดแบบพรอพพอร์ชันเนลอย่างละเอียด



รูปที่ 4.4 (1) แสดงกระบวนการทำงานอย่างละเอียดของหัววัดรังสีเอกซ์ที่บรรจุด้วยก๊าซอาร์กอน

4.2.1.1.1 Transmission จากรูป 4.4 A เอกซเรย์โฟตอน จะทะลุผ่านก๊าซอาร์กอนภายในหัววัดรังสีเอกซ์ทั้งหมด หรือ กล่าวอีกแง่หนึ่งว่า ถูกดูดกลืนโดยก๊าซน้อยมาก ส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนที่ผนังของหัววัด ดังนั้นจึงไม่มีสัญญาณ

เกิดขึ้นทางขวามือของภาพ 4.4 A ในกระบวนการนี้เหมือนกับว่าความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์เรย์สั้นมาก และสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของก๊าซที่บรรจุภายในหัววัดมีค่าต่ำ

4.2.1.1.2 Ion - Pair Production : จากรูป 4.4 B ค่าเอกซ์เรย์โฟตอนจะไอออนไนซ์ก๊าซภายในหัววัดตามเส้นทางที่มันผ่าน ทำให้เกิด อิออนคู่ของ Ar^+ และ e^- ซึ่งจำนวนของอิออนคู่นี้จะหนาแน่นในบริเวณที่เอกซ์เรย์ โฟตอนสูญเสียพลังงานอย่างรวดเร็ว และถ้ารังสีที่เข้าหัววัดมีขนาดพลังงานเพียงพอแล้ว สัญญาณทางขวามือ ก็จะมีเพียงพีค เลี้ยว และความสูงพีคจะแปรผันตามขนาดของพลังงานของเอกซ์เรย์โฟตอน

4.2.1.1.3 Argon K Excitation Followed by Escape of the $Ar K_{\alpha}$ Photon : จากรูป 4.4 C ถ้าพลังงานของเอกซ์เรย์โฟตอน มีพลังงานสูงกว่า เค แอมชอปคัมชันเอจ (K absorption edge) ของ Ar แล้ว ก็จะทำให้ไอเลคตรอนในชั้นเคหลุดออกไป นอกอะตอมของก๊าซ Ar ด้วยพลังงาน เท่ากับ ผลต่างของพลังงานรังสีเอกซ์โฟตอนที่ยิงเข้าไปในอะตอมของก๊าซ Ar กับ เค แอมชอปคัมชันเอจของ Ar ซึ่งถ้ามีพลังงานสูงเพียงพอที่จะไปไอออนไนซ์อะตอมของ ก๊าซ Ar ตัวอื่น ๆ ทำให้เกิดสัญญาณอันใหม่ และเกิดเป็นพีคทางซ้ายมือ ซึ่งเรา เรียกพีคอันนี้ว่า "escape peak"

4.2.1.1.4 Argon K excitation Followed by Absorption of the $Ar K_{\alpha}$ Photon : จากรูป 4.4 D พลังงานของ $Ar K_{\alpha}$ จะ กระจายให้อะตอม Ar อื่น ๆ และจะไอออนไนซ์ให้เกิด Ar^+ และ e^- อีก ถ้าเรา ไม่คำนึงถึง escape peak แล้ว จำนวนของอิออนคู่นี้จะเกิดจาก

1. เอกซ์เรย์โฟตอนที่เข้าหัววัด ตอนเริ่มแรก
2. photoelectron
3. $Ar K_{\alpha}$ ซึ่งอิออนคู่นี้ที่เกิดจะเท่ากับ จำนวนที่เกิดในรูป 4.4 B อิออนคู่นี้ที่เกิดขึ้นใหม่นี้จะก่อให้เกิดพีค และการกระจายเช่นเดียวกับรูป 4.4B ทุกประการ

4.2.1.1.5 Argon K excitation Followed by Auger

Effect จากรูป 4.4 E: พลังงานของ Ar K_{α} ที่ออกมาจะไปกระตุ้นอิเล็กตรอนในชั้น L ทำให้หลุดออกมาจนอะตอมมีพลังงานเท่ากับผลต่างของ Ar K_{α} กับค่าแอสแฮมขอบชั้นเอกซ์ของ Ar อะตอม Auger อิเล็กตรอนที่หลุดออกมา จะไอออนไนซ์อะตอมของ Ar ทำให้เกิดไอออนคู่ของ Ar^+ และ e^- และจะทำให้เกิดฟลักซ์เกี่ยวกับข้อ 4.2.1.1.4 ซึ่งเมื่อรวบรวมผลที่เกิดขึ้นทั้งหมดสำหรับเอกซ์เรย์โฟตอนที่เข้าหัววัดรังสีเอกซ์แบบที่บรรจุด้วยก๊าซอาร์กอน ก็จะเกิดกึ่งในภาพที่ต่อจากรูป 4.4 E ลงมา ที่กล่าวมาเป็นเฉพาะหัววัดที่บรรจุด้วยก๊าซอาร์กอน ซึ่งถ้าบรรจุด้วยก๊าซอย่างอื่น ลักษณะการทำงานก็เช่นเดียวกัน

Effective ionization potential of Ar = 26.4 eV per Ar^+, e^- pair (4.1)

ความเบี่ยงเบนของการกระจายแบบ gaussian (δ) = \sqrt{N} (4.2)

N = จำนวนไอออนคู่เฉลี่ยที่เกิดจากเอกซ์เรย์โฟตอน

Full width at half-maximum (FWHM) = $W_{\frac{1}{2}} = 2\delta$ (4.3)

resolution (R) ของหัววัด = $100 (W_{\frac{1}{2}}/N)$ (4.4)

4.3 เครื่องมือที่เพิ่มเติมจากการออกแบบ

4.3.1 Big Jack

4.3.2 Stand and Clamp

4.3.3 ถ้วยใส่สารตัวอย่าง เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 นิ้ว

4.3.4 แผ่นตะกั่วหนา 3 มม. ใช้บังกันรังสี

4.3.5 ท่อบีบรังสี

4.3.6 ฐานพลาสติกที่ใช้สำหรับวางถ้วยสารตัวอย่าง

4.4 เครื่องวัดรังสีเอกซ์ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ใช้สำหรับศึกษาเปรียบเทียบ

4.4.1 ORTEC 7000 Series (Si(Li) X - Rays Detector

4.4.1.1 Lithium-drifted Silicon diode 6 mm. x 5.15 mm.

- 4.4.1.2 Low noise cryogenic preamplifier
- 4.4.1.3 Cryostat
- 4.4.1.4 Liquid Nitrogen reservoir dewar
- 4.4.2 ORTEC Model 459 Power Supply
- 4.4.3 ORTEC Model 716 A Amplifier
- 4.4.4 Type ND 2200 Multichannel Pulse Height Analyzer
- 4.4.5 Type RM 503 Oscilloscope
- 4.4.6 IBM Selectric Typewriter
- 4.4.7 Hewlett - Packard Type 7004 B x-y Recorder

โดยที่หน้าตาตั้งรับรังสีทำด้วยเบอริเลียมมีความหนา 0.025 มม. ระยะ
จากหน้าตาตั้งรับรังสีถึงผิวหน้าผลึก Si (Li) 7 มม.

ความสามารถในการแยกแวกพลังงาน (Resolution) ของหัววัด Si(Li)
คำนวณได้จากสมการ

$$\text{FWHM} = \left[p^2 + (2.35 \sqrt{\text{EWF}})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.5)$$

เมื่อ FWHM = Full width at Half Maximum คือขนาดของพลังงาน

ที่วัดจากความกว้างครึ่งหนึ่งของความสูงยอดพีค

P = Noise pulses to Preamplifier

E = พลังงานรังสีโฟตอนขนาดใด ๆ หน่วย eV

W = ค่าคงที่จากพลังงานที่ทำให้เกิด electron-hole pair =
3.8 eV สำหรับอะตอมของซิลิกอน

F = ค่าคงที่เรียก Fano factor ซึ่งเป็นสัดส่วนของ variance
(σ^2) ต่อ yield (y) ซึ่งเป็นจำนวนคู่อิเล็กตรอน-
hole ที่เกิดจากการรับพลังงานของโฟตอน E โดย y
= E/W และ $F = \sigma^2 / (E/W)$ สำหรับซิลิกอน ค่า F อยู่ในช่วง

ถึงบรรจุในโครเจนเหลวมีขนาดความจุ 30 ลิตร เพื่อให้ผลึก Si(Li)
อยู่ในระดับอุณหภูมิ 77°K - 120°K อันจะทำให้หัววัดมีประสิทธิภาพสูง
สุด

.....