บทที่ 2

รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการวัดความเข้มรังสี

การประยุกต์ใช้ต้นกำเนิดรังสี จะต้องอาศัย ความเข้าใจควบคู่กัน ระหว่างคุณสมบัติของรังสี ที่แผ่กระจายจากต้นกำเนิดและวิธีการวัดความเข้มรังสี ความเข้มรังสีที่แปรเปลี่ยนไป หลังการเกิดอันตรกิริยากับตัวกลาง จะให้ผลของความสัมพันธ์กับปริมาณทางฟิสิกส์ ซึ่งเหนี่ยวนำให้เกิดอันตรกิริยาในตัวกลางนั้น ๆ

2.1 รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiations)

รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโฟตอน (photon) ประกอบด้วยควอนตัมของพลังงานที่มีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $3X10^{8}$ เมตรต่อวินาที มีมวลพัก (rest mass) เป็นศูนย์ไม่มีประจุไฟฟ้า ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน (E) กับ ความถี่ (ν) หรือ ความยาวคลื่น (λ) ดังนี้

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

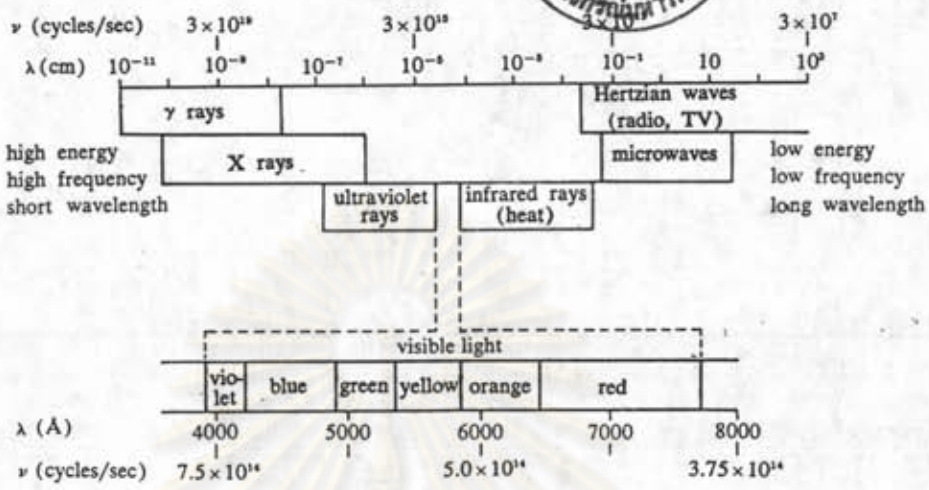
โดยที่ค่า h = ค่าคงที่ของแพลงค์ (Planck's constant)

$= 6.256 \times 10^{-34}$ จูล.วินาที

c = ความเร็วแสง

รังสีคลื่นแม่หล็กไฟฟ้าจำแนกโดยความยาวคลื่นเป็น ชนิดต่าง ๆ ตามความยาวคลื่นน้อยไปหามากตามลำดับดังนี้ รังสีแกมมา (γ-rays) รังสีเอกซ์ (x-rays) แสงอุลตราไวโอเลท (ultraviolet) แสงช่วงที่เรามองเห็น (visible light) แสงอินฟราเรด (infrared) ไมโครเวฟ (microwave) คลื่นวิทยุ แสดงในรูป 2.1

รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในฟิสิกส์นิวเคลียร์ ได้แก่รังสี แกมมา (γ) และรังสีเอกซ์ (x) มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงทั้งรังสีเอกซ์และ รังสีแกมมามี



รูป 2.1 การจำแนกรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยความยาวคลื่น

คุณสมบัติเหมือนกัน ต่างกันที่แหล่งกำเนิดกล่าวคือ รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดจากอันตรกิริยาบริเวณชั้นโคจรของอิเล็กตรอน ของอะตอม เรียกว่ารังสีเอกซ์ และ รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากนิวเคลียสของอะตอม เรียกว่า รังสีแกมมา

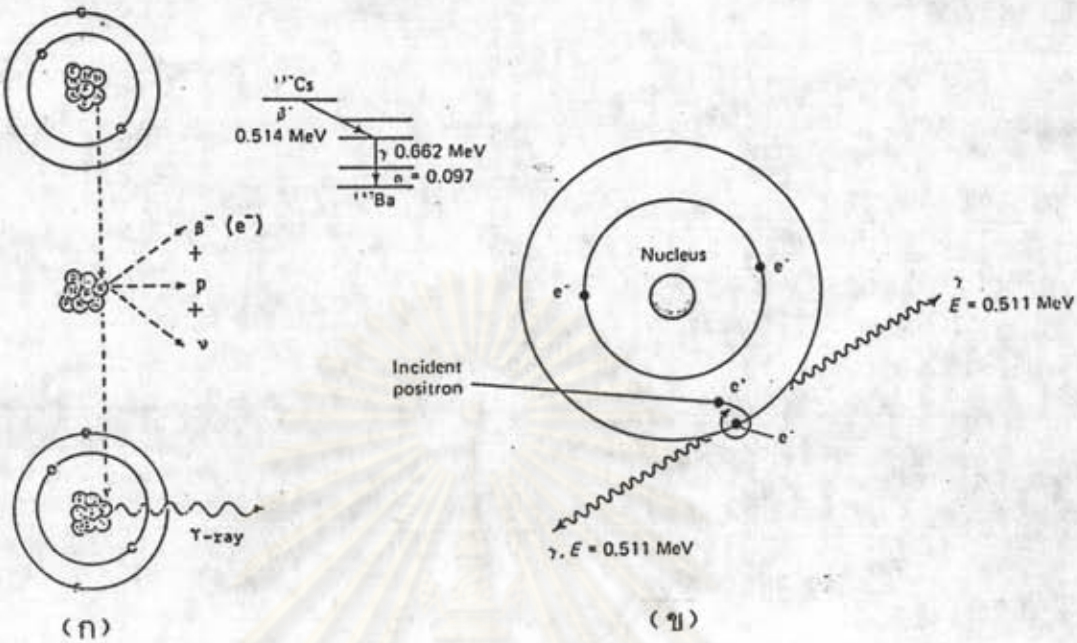
2.1.1 <u>รังสีเอกซ์</u> (X-Rays) รังสีเอกซ์เกิดจากกระตุ้น (exited) หรือ การแทนที่ของอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอมสารที่หลุดออกไปด้วยอันตรกิริยาใด ๆ กับอนุภาคนิวเคลียร์จากภายนอกหรือการจับอิเล็กตรอนโดยนิวเคลียส (electron capture) ทำให้เกิดที่ว่างในตำแหน่งนั้น อิเล็กตรอนอื่น ๆ ในวงนอกก็จะเข้ามาแทนที่ซึ่งจะต้องลดพลังงาน ด้วยการคายพลังงานส่วนหนึ่งที่เกินออกมา ในรูปคลื่นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด ในช่วง 2.6 กิโลอิเล็กตรอนโวลท์ ในธาตุเบา ถึง 100 กิโลอิเล็กตรอนโวลท์ในธาตุหนัก ได้แก่ธาตุจำพวกทรานสยูเรเนียม (trans uranium) เราเรียกรังสีเอกซ์แบบนี้ว่ารังสีเอกซ์เฉพาะตัว (characteristic x-ray) รังสีเอกซ์ อีกประเภทหนึ่งได้จากการยิงธาตุหนัก ด้วยอิเล็กตรอนพลังงานสูงเมื่อเข้าใกล้นิวเคลียสของเป้า (target) แล้วจะเบนทิศทางไปทำให้ อิเล็กตรอนสูญเสียพลังงานไปส่วนหนึ่งในรูปรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเราก็เรียกรังสีเอกซ์เช่นกัน เนื่องจากการเข้าชนของอิเล็กตรอนเป็นแบบสุ่ม (random) ทำให้ทิศทางที่เบน

ไปและการสูญเสียพลังงานไม่แน่นอน ค่าพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ได้ก็จะมีหลายค่าที่ต่อเนื่องกัน ตั้งแต่ศูนย์จนถึงค่าสูงสุดของพลังงานของอิเล็กตรอนที่ยิงมา เราจึงเรียกรังสีเอกซ์แบบนี้ว่ารังสีเอกซ์แบบต่อเนื่อง (continuous x-ray) หรือเบรมสส์ตราห์ลุง (Bremsstrahlung) (4)

(ก) (ข)

รูป 2.2 แผนภาพแสดงการเกิดรังสีเอกซ์

2.1.2 <u>รังสีแกมมา</u> (γ -Rays) รังสีแกมมาเกิดจากไอโซโทปกัมมันตรังสีหรือ ปฏิกริยานิวเคลียร์ เช่น ปฏิกริยานิวตรอนแกมมา (n,γ) ทำให้นิวเคลียสของสารไม่สมดุลย์ซึ่งเรียกว่าสภาวะเอ็กไซเทดสเตท (exited state) จะต้องคายพลังงานส่วนหนึ่งออกมาเพื่อกลับสู่กราวนด์สเตท (ground state) พลังงานที่ออกมานี้เป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่ารังสีแกมมา ดังแสดงในรูป 2.3 ก พลังงานของรังสีขึ้นอยู่กับชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสี และปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ให้โฟตอน (photon) จะมีพลังงานเดียวหรือหลายค่าก็ได้ พลังงานรังสีแกมมามีค่าในช่วง 0.052 ถึง 3.45 ล้านอิเล็กตรอนโวลท์ (7) ปรากฏการณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดรังสีแกมมาคือ เมื่ออิเล็กตรอนรวมตัวกับโปสิตรอน (positron) มวลของทั้งสองจะหายไปเรียกว่าเกิด แอนนิฮิเลชัน (annihilation) ได้รังสีแกมมาพลังงาน 0.511 ล้านอิเล็กตรอนโวลท์ 2 ตัว ดังแสดงในรูป 2.3 ข



รูป 2.3 แผนภาพแสดงการเกิดรังสีแกมมา

2.2 ต้นกำเนิดรังสี (Radiation Sources)

ต้นกำเนิดรังสีแกมมาที่ผลิตขึ้นใช้ในงาน อุตสาหกรรม แสดงในตาราง 2.1 ได้จากกระบวนการดังนี้

1) การแยกไอโซโทปรังสีจากแร่กัมมันตรังสีในธรรมชาติ
2) การแยกไอโซโทปรังสีจากแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วจากเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์
3) การนำไอโซโทปเสถียรบางชนิดไปอาบรังสีนิวตรอน ทำให้เกิดไอโซโทปรังสี จากปฏิกริยา (n,γ)

ตาราง 2.1 ตารางแสดงต้นกำเนิดรังสีชนิดไอโซโทปรังสีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม (3)

Isotope	Half-life, years	Emitted radiations	Absorption coefficient (μ), cm^2/g of Al	Half-thickness,* g/cm^2 of Al
^{60}Co	5.3	1.33-Mev γ (100%)	0.053	13.1
		1.17-Mev γ (100%)	0.056	12.4
^{137}Cs	30	0.662-Mev γ (95%)	0.074	9.4
^{226}Ra	1620	0.187-Mev γ (5.7%)	0.126	5.5
		Many others up to 2.43-Mev γ	0.039	17.7

*This value is calculated from $0.693/\mu$, where μ is the total absorption coefficient.

2.3 อันตรกิริยาของรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับสสาร (Interaction of Electromagnetic Radiations with Matter) (5) (6) (7)

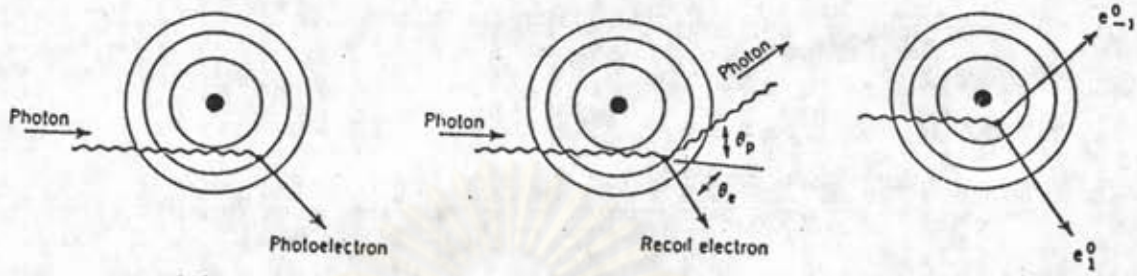
เนื่องจากโฟตอนเป็นอนุภาค และมีการเคลื่อนที่จึงต้องมีโมเมนตัม การเข้าชนสสารของโฟตอนจะเกิดการสูญเสียพลังงานจากการเกิดไอโอไนเซชัน และ เอกไซเทชัน ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่สำคัญ 3 แบบ คือ

- โฟโตอิเล็กตริกเอฟเฟคท์ (Photoelectric effect)
- คอมพ์ตันเอฟเฟคท์ (Compton effect)
- แพร์โปรดัคชัน (Pair production)

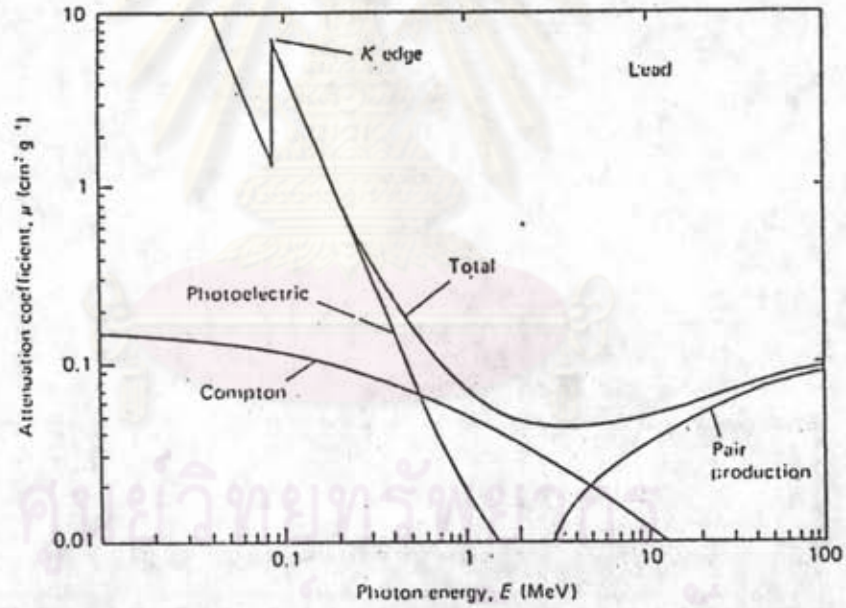
2.3.1 โฟโตอิเล็กตริกเอฟเฟคท์ เป็นอันตรกิริยาของโฟตอนกับอิเล็กตรอนผลที่ได้โฟตอนจะหายไป และอิเล็กตรอนตัวหนึ่งจะหลุดออกไป เป็นอิเล็กตรอนอิสระ (free electron) เรียกว่า โฟโตอิเล็กตรอน (photo electron) ดังรูป 2.4 ก โอกาสที่จะเกิดโฟโตอิเล็กตริกเอฟเฟคท์ $\tau = N Z^5 (E)^{-3.5}$ โฟโตอิเล็กตริกเอฟเฟคท์เกิดได้ดีในธาตุหนักและพลังงานของโฟตอนน้อย ๆ แต่จะต้องมากกว่าค่าพลังงานยึดเหนี่ยว (binding energy) ของอิเล็กตรอน E คือ พลังงานรังสี N เป็นความหนาแน่นอะตอม และ Z เป็นเลขอะตอม ของตัวกลาง (7)

2.3.2 คอมพ์ตันเอฟเฟคท์ เป็นการชนกันระหว่างโฟตอนกับอิเล็กตรอนของตัวกลางโดยถือว่าอิเล็กตรอนนั้นอิสระ(ไม่มีพลังงานยึดเหนี่ยว)เพราะพลังงานของโฟตอนสูงมาก เมื่อเทียบกับพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอน เมื่อชนแล้วอิเล็กตรอนตรอนหลุดกระเด็นออกไป รังสีแกมมาที่ยังคงมีพลังงานเหลืออยู่อีกส่วนกระเจิงไปในทิศอื่น ดังรูป 2.4ข โอกาสที่จะเกิดคอมพ์ตันเอฟเฟคท์ $\sigma = NZ (\ln 2h\nu/mc^2 + 0.5)/h\nu$ เหลือพลังงานโฟตอนในช่วง 0.5 - 5 ล้านอิเล็กตรอนโวลท์ m เป็นมวลอิเล็กตรอน c คือ ความเร็วแสง (7)

2.3.3 แพร์โปรดัคชัน เกิดเมื่อโฟตอนพลังงานสูงกว่า หรือเท่ากับ 1.02 ล้านอิเล็กตรอนโวลท์วิ่งผ่าสสารอย่างรวดเร็วบริเวณนิวเคลียสของอะตอมแล้วโฟตอนหายไปเกิดเป็นคู่ของอิเล็กตรอนลบ (negatron) อิเล็กตรอนบวก (positron) โอกาสที่จะเกิดแพร์โพรดัคชัน $k = NZ^2 (h\nu - 1.02)$ (7)



รูป 2.4 แผนภาพแสดงการเกิดอันตรกิริยาของรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์

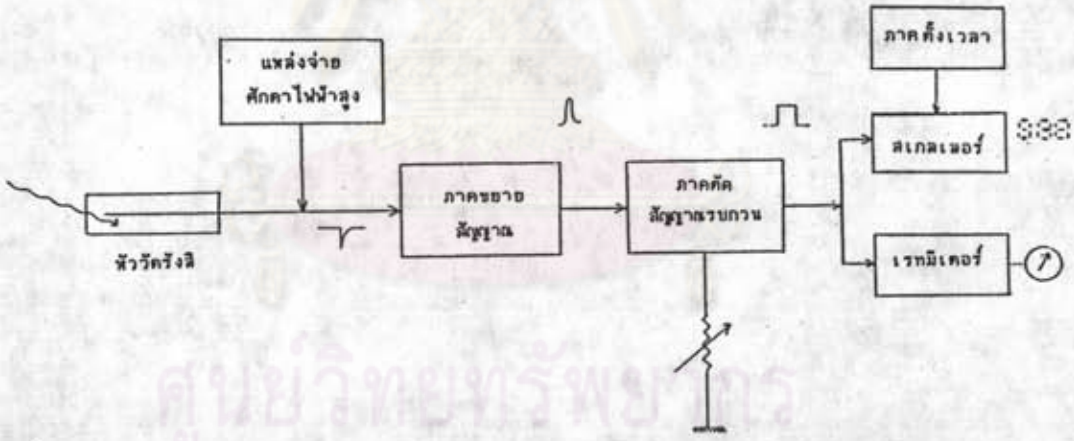


รูป 2.5 ความสัมพันธ์ของระดับพลังงานและโอกาสที่จะเกิดอันตรกิริยา (8)

ผลของปรากฏการณ์ ของอันตรกิริยาทั้ง 3 ในสสาร จะทำให้พิจารณาสัมประสิทธิ์การดูดกลืนพลังงานของ รังสีแกมมา และ รังสีเอกซ์ จากโอกาสของการเกิดอันตรกิริยานั้น ดังความสัมพันธ์ที่แสดงใน รูป 2.5

2.4 การวัดรังสีแกมมา และ รังสีเอกซ์

การวัดการแผ่รังสีจากไอโซโทปรังสี อาจพิจารณาสิ่งสำคัญ 2 ส่วน คือ พลังงานรังสีและปริมาณความเข้มรังสี การประยุกต์ใช้งานในเชิงหาค่าหรือปริมาณทางฟิสิกส์ เช่น ความหนา ความหนาแน่น จากผลอันตรกิริยาในสสาร ต้องการวัดเพียงความเข้มรังสีเท่านั้น ต่างจากการวัดการแผ่รังสีเพื่อวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพของสสาร การวัดความเข้มหรือความแรงรังสี วัดในหน่วยของจำนวนนับอนุภาคต่อหน่วยเวลา เช่น cpm, cps อย่างไรก็ตามการวัดปริมาณความเข้มรังสีจำต้องอาศัยหลักสำคัญในการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของอนุภาคให้ เป็นปริมาณกระแสไฟฟ้าด้วยการบังคับให้อนุภาคสูญเสียพลังงานในตัวกลาง ที่เหมาะสม และวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า ที่เกิดภายใต้สนามไฟฟ้าในตัวกลางนั้นด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนของระบบวัดรังสีซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเป็นสัญญาณไฟฟ้าเรียกว่าหัววัดรังสี (radiation detectors) ระบบการวัดรังสีสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดัง แสดงใน รูป 2.6



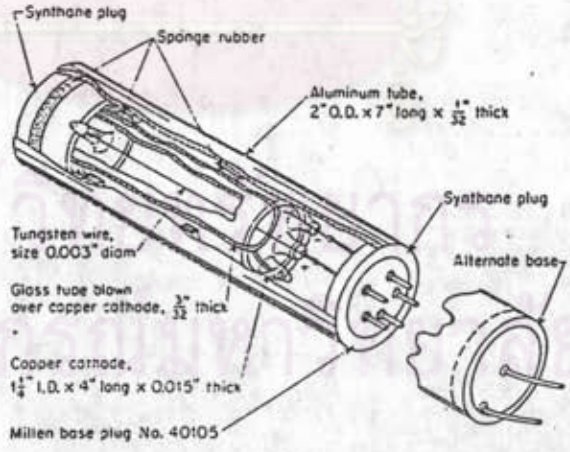
รูป 2.6 แผนภาพแสดงระบบการวัดปริมาณความเข้มรังสี

ระบบวัดความเข้มรังสี ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ หัววัดรังสี แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูง ภาคขยายสัญญาณ ภาคตัดสัญญาณรบกวน ภาคแสดงผล เมื่อต้องการอ่านค่าเฉลี่ยต่อเนื่องใช้เรทมิเตอร์ และ เมื่อต้องการอ่านจำนวนนับเฉพาะเวลาใช้สเกลเลอร์ กับ ภาคตั้งเวลา ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน บางครั้งการวัดความเข้มรังสี ต้องการตัดการรบกวนจากพลังงานอื่นจำเป็นต้อง

วัดรังสีเฉพาะพลังงาน ภาคตัดสัญญาณรบกวนจะต้องเปลี่ยนเป็น อุปกรณ์วิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยว (Single Channel Analizer SCA)

2.4.1 หัววัดรังสี (Radiation Detectors)

2.4.1.1 หัววัดรังสีแบบไกเกอร์ (Geiger Muller tube) หรือเรียกสั้น ๆ ว่าหัววัดไกเกอร์ มีโครงสร้างเป็นรูปทรงกระบอกที่มีขั้วไฟฟ้าทำด้วยทังสเตนเป็นไส้กลาง ภายในบรรจุกาซ ได้แก่ นีออน อาร์กอน หรือ ฮีเลียม ความดัน 7-20 มิลลิเมตรของปรอท การใช้งานต้องให้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูงมีค่าช่วง 500-2000 โวลท์ ระหว่างตัวทรงกระบอกโลหะกับแกนกลาง เมื่ออนุภาครังสีผ่านเข้าทางหน้าต่างหัววัด จะไปทำการไอออนไนซ์กาซบางส่วน เกิดเป็นคู่ของ อิเล็กตรอนอิสระกับไอออนบวก อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นนี้จะถูกเร่งโดยสนามไฟฟ้า ให้วิ่งไปยังขั้วบวกที่อยู่กลางหลอด ขณะที่อิเล็กตรอนวิ่งไปนั้นก็จะชนกับโมเลกุลของกาซ ทำให้เกิดการไอออนไนซ์ต่อ ๆ กันไป อย่างต่อเนื่อง (successive avalance) จนได้ปริมาณมาก เมื่ออิเล็กตรอนเหล่านั้นไปเกาะที่ขั้วบวกจะทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วนั้นลดลงชั่วขณะ ทำให้เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่สามารถนับได้ ข้อดี ของหัววัดชนิดนี้ คือ ทนทาน ราคาถูก มีเสถียรภาพดี ข้อเสีย คือประสิทธิภาพในการวัดรังสีต่ำ และ ไม่สามารถแยกพลังงานรังสีได้

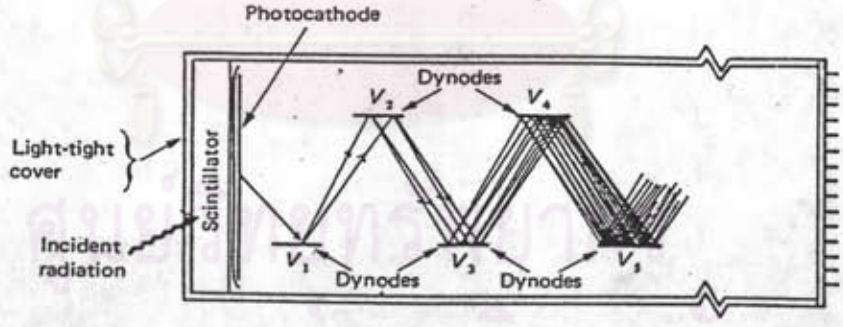


รูป 2.7 แผนภาพแสดงโครงสร้างของหัววัดไกเกอร์

สำหรับรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เกิดการไอออนไนซ์กาซ ที่บรรจุในหัววัดไกเกอร์ได้ยาก การวัดรังสีที่ได้เป็นผลจากการเกิดอันตรกิริยากับตัวโลหะผนังหลอดของหัววัด แล้วให้อิเล็กตรอนออกมา อิเล็กตรอนก็จะถูกเร่งด้วยสนาม

ไฟฟ้า ดังเช่นที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นการนับรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่พลังงานต่ำ ประมาณ 20 กิโลอิเล็กตรอนโวลท์ ได้ดีกว่าพลังงานกลางเพราะโอกาสดูดกลืนพลังงานของตัวกลางสูงกว่า อย่างไรก็ตามถ้ารังสีมีพลังงานสูงมากโอกาสเกิดคอมพ์ตันเอฟเฟคท์ที่ให้อิเล็กตรอนสูงเช่นกัน อาจกล่าวได้ว่าถ้าพลังงานรังสีสูงกว่า 1 ล้านอิเล็กตรอนโวลท์ ขึ้นไปแล้ว ประสิทธิภาพการนับรังสีจะแปรตามพลังงาน โครงสร้างของหัววัดไกเกอร์อาจพอแสดงโดยสังเขปในรูป 2.7

2.4.1.2 หัววัดเรืองรังสีที่นิยมใช้วัดรังสีแกมมา และรังสีเอกซ์ เป็นหัววัดเรืองรังสีชนิดโซเดียมไอโอไดด์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือผลึกวัด NaI(Tl) และ หลอดทวีคูณอิเล็กตรอน (photomultiplier tube) เมื่อรังสีตกกระทบผลึกจะทำให้โมเลกุลของผลึกถูกกระตุ้นไปอยู่ในสภาวะเอกไซเทดสเตท การลดพลังงานลงสู่สภาวะกราวนด์ของผลึก จะคายพลังงานออกมาในรูปแสงความยาวคลื่นสั้น แสงที่เกิดขึ้นนี้จะไปกระทบโฟโตคาโทด ทำให้อิเล็กตรอนหลุดกระเด็นออกไป อิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่มากระทบ หรือ อีกนัยหนึ่งขึ้นกับพลังงานของรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หลอดทวีคูณอิเล็กตรอน จะทำหน้าที่เพิ่มปริมาณอิเล็กตรอนให้สูงขึ้น 10^4-10^6 เท่า เป็นผลให้ได้สัญญาณไฟฟ้าที่มีความแรงเพิ่มขึ้น (4) (6)



รูป 2.8 แผนภาพแสดงโครงสร้างของหัววัดเรืองรังสี

สำหรับการวัดรังสีแกมมายังนิยมใช้หัววัดเรืองรังสีชนิดซีเซียมไอโอไดด์ [(CsI(Tl)] เนื่องจากผลึกวัดมีความหนาแน่นสูง จึงมีโอกาสที่จะเกิดอันตรกิริยาต่อพลังงานรังสีในช่วงกว้าง จึงมีประสิทธิภาพดี แต่ราคาค่อนข้างสูง ในการใช้งานจึงมักพบการใช้หัววัดเรืองรังสีชนิดโซเดียมไอโอไดด์ ที่มีประสิทธิภาพการใช้งานสูงกว่าหัววัดไกเกอร์ แต่การใช้งานยุ่งยากกว่า

อย่างไรก็ตามการเลือกใช้หัววัดรังสีประเภทใดนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานว่าต้องการความไวและรายละเอียดในการวัดมากน้อยเพียงใด ในการศึกษาวัดระดับน้ำ ได้ทำการเปรียบเทียบ ความไวในการวัด ระหว่างหัววัดไกเกอร์ และ หัววัดเรืองรังสีชนิดโซเดียมไอโอไดด์ ดังรายละเอียดในบทที่ 4

2.4.2 <u>แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูง</u> (High Voltage Power Supply) เป็นอุปกรณ์ที่ให้ศักดาไฟฟ้าสูงแก่หัววัดรังสี เพื่อสร้างไบอัส (bias) แก่ขั้วไฟฟ้าในกรณีของหัววัดไกเกอร์ ศักดาไฟฟ้าสูงที่จ่ายระหว่างแอโนดและคาโทด เป็นสนามไฟฟ้ารวบรวมอิเล็กตรอนจากคู่ไอออนที่เกิดขึ้น สร้างเป็นสัญญาณพัลส์ในกรณีหัววัดเรืองรังสีศักดาไฟฟ้าสูงจ่ายแก่ขั้วไฟฟ้าของหลอดทวีคูณอิเล็กตรอน เพื่อสร้างกระบวนการทวีอิเล็กตรอน ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงที่จ่ายให้หัววัดรังสีแบบต่าง ๆ แสดงในตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ศักย์ไฟฟ้าทำงานของหัววัดรังสี (3)

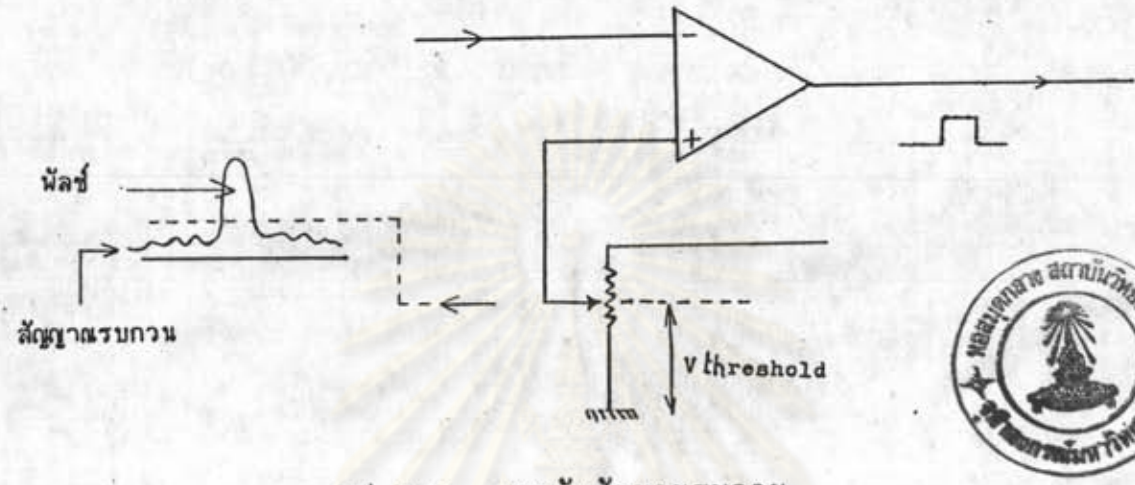
High Voltage Needed for Certain Common Detectors

Detector	High voltage (V)
Ionization counters	HV < 1000
Proportional counters	500 < HV < 1500
GM counters	800 < HV < 2400
Semiconductor detectors	
Surface-barrier	HV < 100
Li-drifted	100 < HV < 3000

2.4.3 <u>ภาคขยายสัญญาณส่วนหน้า</u> (Preamplifier) เพื่อขยายสัญญาณจากหัววัดรังสีที่มีระดับต่ำในอันดับมิลลิโวลท์ ให้สูงพอสำหรับการส่งสัญญาณไปยังส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ห่างจากหัววัดรังสี นอกจากนี้ยังจัดรูปสัญญาณให้เหมาะสมสำหรับวงจรภาคต่อไป สำหรับหัววัดรังสีแบบไกเกอร์ที่ให้สัญญาณแรงพอไม่จำเป็นต้องใช้ภาคขยายสัญญาณส่วนหน้าก็ได้

2.4.4 <u>ภาคขยายสัญญาณ</u> (Amplifier) ทำการขยายขนาดสัญญาณจากหัววัดรังสี หรือ จากภาคขยายสัญญาณส่วนหน้าให้สูงขึ้นประมาณ 1000 เท่า หรือ มากกว่านั้น ทำให้สัญญาณมีขนาดในช่วง 0-10 โวลท์ ที่มีความแรงพอที่จะวิเคราะห์ หรือ บันทึกผล นอกจากนี้ยังแต่งรูปสัญญาณ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการนับสัญญาณพัลซ์ที่เกิดจาก หัววัดรังสี

2.4.5 ภาคตัดสัญญาณรบกวน (Discriminater) ทำหน้าที่ตัดสัญญาณรบกวนที่ปนมากับสัญญาณพัลส์ ด้วยการเปรียบเทียบความสูง ของสัญญาณไฟฟ้าระดับสัญญาณที่มากกว่าระดับต่ำสุด (threshold) ที่ตั้งไว้เท่านั้น จะผ่านกระบวนการแต่งรูป เป็นสัญญาณโลจิกเพื่อส่งไปบันทึกผล



รูป 2.9 การตัดสัญญาณรบกวน

2.4.6 <u>ส่วนแสดงผล</u> (Display Unit) ทำหน้าที่แสดงข้อมูลจำนวนนับต่อหน่วยเวลาของการนับรังสีในทางปฏิบัติเมื่อต้องการบันทึกค่าวัด เฉพาะจุดเพื่อหาค่าความแปรปรวนจะใช้สเกลเลอร์ และ เมื่อต้องการวัดปริมาณ ความเข้มรังสีเฉลี่ยต่อเนื่อง เช่น ในระบบควบคุมระดับความหนา หรือ ระดับน้ำ จะใช้ เรทมิเตอร์

2.4.6.1 สเกลเลอร์ (scaler) เป็นอุปกรณ์วัดความแรงรังสี แสดงผลเชิงเลขเวลาในการนับรังสีควบคุมโดยภาคตั้งเวลา (timer) เพื่อให้ข้อมูลที่แสดงผล มีหน่วยเป็น จำนวนนับต่อหน่วยเวลา

2.4.6.2 เรทมิเตอร์ (rate meter) เป็นอุปกรณ์แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย จำนวนนับต่อหน่วยเวลาด้วยการเปลี่ยนความถี่ของการนับรังสีเป็นระดับศักดาไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับความถี่ หรืออัตราที่นับได้จากระบบวัดรังสี