

ศึกษาการวัดสเปกตรัมของรังสีเบตาด้วยพลาสติก ซินดีเลชันสเปกโตรมิเตอร์



นายเฉลิม ศรีสวรรค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาเคมีและเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2521

000550

I15452839

A STUDY OF PLASTIC SCINTILLATION SPECTROMETER
FOR BETA-RAY SPECTRUM MEASUREMENT

Mr. Chalerm Srisawan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1978


หัวข้อวิทยานิพนธ์ ศึกษาการวัดสเปกตรัมของรังสีเบตา ด้วยพลาสติก ชินติ เล ชั้น
สเปกโตรมิเตอร์

โดย นายเฉลิม ศรีสวรรค์

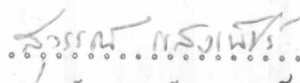
แผนกวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ

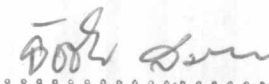
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

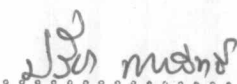
 รักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุประสิทธิ์ บุญนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพชร)

 กรรมการ
(อาจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชชัย สุมิตร)

 กรรมการ
(อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ศึกษาการวัดสเปกตรัมของรังสีเบตา ด้วยพลาสติกซินติเลชัน
สเปกโตรมิเตอร์
ชื่อ นายเฉลิม ศรีสวรรค์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปรีชา การสุทธิ
แผนกวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2521



บทคัดย่อ

พลาสติกซินติเลชันสเปกโตรมิเตอร์ที่ประกอบขึ้นมานี้ ใช้พลาสติกซินติเลเตอร์รูปทรง-
กระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว หนา 1 นิ้ว ประกอบกับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์
RCA 6342 A แล้วใช้ร่วมกับมัลติแชนเนล พัลส์ ไฮต อานาไลเซอร์ ขนาด 1024 ช่อง ใน
การศึกษาได้ทำการวัดรังสีเบตา รังสีแกมมา และคอนเวอชันอีเลคตรอน และเปรียบเทียบพลังงาน
ของรังสีเหล่านี้ด้วยพัลเซอร์ (pulser) ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของ
อีเลคตรอนและขนาดของพัลส์ (pulse height) จะเป็นแบบเส้นตรง จนกระทั่งถึงพลังงาน
4.91 MeV วิเคราะห์สเปกตรัมของรังสีเบตาจาก Al^{28} , P^{32} , Cl^{36} , Cl^{38} , K^{42} ,
 V^{52} , Mn^{56} , Y^{90} และ Tl^{204} และหาพลังงานสูงสุดของรังสีเบตาด้วยวิธีของ Kurie
plot นอกจากนั้น ยังได้ทดลองศึกษาใช้หน้าต่างของหัววัดขนาด 172.80 มิลลิกรัม/ตาราง-
เซนติเมตร กับขนาด 2.33 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร

Thesis A Study of Plastic Scintillation Spectrometer
 for Beta-Ray Spectrum Measurement

Name Mr. Chalerm Srisawan

Thesis Adviser Mr. Pricha Karasuddhi

Department Nuclear Technology

Academic Year 1978

ABSTRACT

The plastic scintillation spectrometer was assembled in this study composed of the cylindrical plastic scintillator having 1 inch diameter and 1 inch thickness coupled with photomultiplier tube RCA-6342 A and a 1024 channels multichannel analyzer. The study was carried out to detect the beta - rays, gamma - rays and conversion electron and the calibration of radiation energy was performed with the pulser. The results showed that the relation between the energy of electron and pulse height is linear up to the energy of 4.91 MeV. The spectrum of beta-rays are analyzed from Al²⁸, P³², Cl³⁶, Cl³⁸, K⁴², V⁵², Mn⁵⁶, Y⁹⁰ and Tl²⁰⁴ and determined the maximum beta energy of these radiation sources by Kurie plot's method. The experiments were also performed with the different window thickness of the detector of 172.80 mg/cm² and 2.33 mg/cm².

กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เนื่องจากได้รับความแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดี จากท่าน อาจารย์ปรีชา การสุทธิ ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้ทุนอุดหนุนในการจัดซื้อวัสดุเพื่อใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ คุณสุวิทย์ ปุณณชัยยะ และ คุณไพบูลย์ นวลนิล ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการตรวจสอบเครื่องมือและช่วยเหลือในการเขียนภาพ และขอขอบคุณคุณควาสนา ปรีชาวนิช ที่ช่วยเหลือในด้านการพิมพ์จนกระทั่งวิทยานิพนธ์สำเร็จ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ช
รายการรูปประกอบ	ซ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี	5
3. อันตรกิริยาของรังสีกับสสาร	38
4. พลาสมาคิงซ์ตันตี เลเซอร์	57
5. การทดลอง	68
6. ผลการทดลอง	78
7. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ	99
เอกสารอ้างอิง	104
ประวัติ	108



รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1 Selection rule in β - decay	19
2.2 การจัดประเภทของ β - transitions	20
2.3 ต้นกำเนิดรังสีเบตาในกลุ่ม Superalowed transitions	22
2.4 ต้นกำเนิดรังสีเบตาในกลุ่ม Unique forbidden transitions	23
2.5 Shape factor ของ Unique forbidden transitions	24
2.6 กฎการเลือกในการเปลี่ยนแปลงแบบ isomeric transitions	37
3.1 ค่า mean excitation potential ของกาซบางชนิด	39
3.2 ค่า mean excitation potential ของธาตุบางชนิด	43
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยกับพลังงานสูงสุดของอนุภาค เบตา	47
3.4 ตารางแสดงค่า Q_a	50
3.5 ตารางแสดงค่า K/ρ สำหรับตะกั่ว	55
4.1 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของโพสิสไดรอนซินติเลเตอร์	67
4.2 ประสิทธิภาพของโพสิสไดรอนซินติเลเตอร์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน	67
5.1 ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ในการทดลองเพื่อเทียบปรับหัววัด	68
5.2 ต้นกำเนิดรังสีเบตาที่ใช้เป็นสารตัวอย่าง	77
6.1 ผลการทดลองจากอนุภาค เบตา	80
6.2 ผลการทดลองจากคอนเวอชันอีเลคตรอน	80
6.3 ผลการทดลองจากต้นกำเนิดรังสีที่ให้รังสีแกมมา	81
6.4 พลังงานที่จัดคัดของต้นกำเนิดรังสีเบตา วัดจากหัววัดที่มีหน้าต่าง ขนาด 172.80 mg/cm^2	96
6.5 พลังงานที่ คัดคัดของต้นกำเนิดรังสีเบตา วัดจากหัววัดที่มีหน้าต่าง ขนาด 2.33 mg/cm^2	97
6.6 ผลการวัดคอนเวอชันอีเลคตรอนไลน์ ใช้หัววัดที่มีหน้าต่างขนาด 2.33 mg/cm^2	98

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	ผังการสลายตัวของ Bi^{212}	6
2.2	ฮัลฟไลน์จาก Th^{228} , Ra^{224} , Bi^{212} , Rn^{220} , Po^{216} และ Po^{212}	6
2.3a	โนโมกราฟสำหรับหาค่า $\log f_0 t$	10
2.3b	กราฟสำหรับหาค่า $\log C$ สำหรับ β^-	11
2.3c	กราฟสำหรับหาค่า $\log C$ สำหรับ β^+	11
2.3d	กราฟสำหรับหาค่า $\log C$ สำหรับ เค-อีเลกตรอนแคปเจอร์	12
2.3e	สเกลสำหรับเทียบหาค่า $\Delta \log ft$	12
2.4a	กราฟค่า $\log f$ สำหรับ β^- ที่ W_0 มีค่า $1.0 - 1.5 m_0 c^2$	15
2.4b	กราฟค่า $\log f$ สำหรับ β^- ที่ W_0 มีค่า $1. - 5 m_0 c^2$	15
2.4c	กราฟค่า $\log f$ สำหรับ β^- ที่ W_0 มีค่า $5 - 25 m_0 c^2$	15
2.4d	กราฟค่า $\log f$ สำหรับ β^+ ที่ W_0 มีค่า $1 - 6 m_0 c^2$	16
2.4e	กราฟค่า $\log f$ สำหรับ β^+ ที่ W_0 มีค่า $5 - 25 m_0 c^2$	16
2.4f	กราฟค่า $\log f$ สำหรับ $\beta^+ + \text{K-capture}$ ที่ W_0 มีค่า $6 m_0 c^2$	16
2.4g	กราฟค่า $\log f$ สำหรับ $\beta^+ + \text{K-capture}$ ที่ W_0 มีค่า $5 - 25 m_0 c^2$	17
2.5	กราฟแสดงว่า $a(Z)$ และ $-b(Z)$	17
2.6	Kurie plot จากนิวตรอนอิสระ	26
2.7	Kurie plot จาก He^6	26
2.8	Kurie plot จาก S^{35}	27
2.9	Kurie plot จาก Tm^{170}	27
2.10	Kurie plot จาก Bi^{210}	28

รูปที่

	หน้า
2.11 Kurie plot จาก Be^{10}	28
2.12 Kurie plot จาก Y^{90}	29
2.13 Kurie plot จาก Cs^{137}	29
2.14 Kurie plot จาก K^{40}	30
2.15 Kurie plot จาก In^{115}	30
2.16 ผังการสลายตัวของ Au^{198}	31
2.17 สเปกตรัมของรังสีเบตาและคอนเวอชันอีเลคตรอนจาก Au^{198}	31
2.18 คอนเวอชันอีเลคตรอนไลน์จาก In^{114}	33
2.19 คอนเวอชันอีเลคตรอนไลน์จาก Bi^{207}	33
2.20 สเปกตรัมของรังสีเบตาและคอนเวอชันอีเลคตรอนจาก Cs^{137}	34
2.21 คอนเวอชันอีเลคตรอนไลน์จาก Sn^{113}	34
2.22 แผนภาพเวกเตอร์แสดงผลต่างของสปีนเองกลูโมเมนตัม	36
3.1 กราฟแสดงค่า $-\frac{dE}{dX}$ ใน KI, NaI และ CsI	40
3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยและพลังงานของอนุภาคอัลฟา ในอากาศ	40
3.3 แสดงการกระจายของอีเลคตรอนเมื่อผ่านกราฟิต์ความหนาต่างๆกัน	44
3.4 สเปกตรัมของคอนเวอชันไลน์จาก Ba^{137m} เมื่อผ่าน Al ความหนา ต่าง ๆ กัน	44
3.5 เปรียบเทียบค่า ΔE_w กับ $-\frac{dE}{dX}$	46
3.6 แสดงค่า reduced stopping power ในอลูมิเนียม	46
3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยสูงสุดกับพลังงานสูงสุด ของรังสีเบตา	48
3.8 กราฟแสดงค่า $\sigma(T)$ เป็นฟังก์ชันของ T ที่ α ต่าง ๆ กัน	52
3.9 กราฟแสดงค่า $e^\sigma, e^{\sigma_a}, e^{\sigma_s}, e^{\sigma_{sf}}, e^{\sigma_{sb}}$ เป็นฟังก์ชันของ พลังงานรังสีแกมมา	52

รูปที่	หน้า
3.10 กราฟแสดงค่า mass attenuation coefficient สำหรับ sodium iodide	56
4.1 แสดงระดับพลังงานในโมเลกุลของสารอินทรีย์	58
4.2 แสดงกระบวนการอัลฟาและกระบวนการเบตา	58
4.3 เปรียบเทียบสเปกตรัมของแสงจาก เบส, โซลูท 1 และ โซลูท 2 จากพลาสติกซินติเลเตอร์	61
4.4 สเปกตรัมการดูดกลืนของแอนทราซีนในไซโคลเฮกเซน	62
4.5 สเปกตรัมของฟลูออเรสเซนซ์จากแอนทราซีนในไซโคลเฮกเซน	62
4.6 สเปกตรัมของฟลูออเรสเซนซ์จากไพลอต - บี พลาสติก	63
4.7 เปรียบเทียบสเปกตรัมของฟลูออเรสเซนซ์จากพลาสติกซินติเลเตอร์ แบบต่าง ๆ	63
4.8 เปรียบเทียบความสูงของพีลส์จากพลาสติกซินติเลเตอร์ที่ใช้โพลีสไตรีน เป็นเบสโดยใช้ชนิดและความเข้มข้นโซลูทต่าง ๆ กัน	65
4.9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของพลาสติกซินติเลเตอร์ที่ใช้โพลิไอนิล โทลูอีน เป็นเบสโดยใช้ชนิดและความเข้มข้นของโซลูทต่าง ๆ กัน	66
5.1 แสดงการประกอบหัววัดเพื่อประกอบเป็นพลาสติกซินติเลชันสเปค- โตรมิเตอร์	70
5.2 แผนภาพแสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อประกอบเป็นสเปคโตรมิเตอร์	71
5.3 สเปกตรัมของรังสีเบตาจาก P^{32}	83
6.2 สเปกตรัมจากรังสีเบตาจาก $Sr^{90} - Y^{90}$	84
6.3 สเปกตรัมของคอนเวอชันอีเลคตรอนจาก Cs^{137} และ Bi^{207}	85
6.4 สเปกตรัมของรีคอยล์อีเลคตรอนจาก Cs^{137} , Na^{22} และ Bi^{207}	86
6.5 เส้นเทียบปรับของสเปคโตรมิเตอร์ที่ประกอบขึ้น	87
6.6 F - K plot จากสเปกตรัมของ Cl^{36} และ Tl^{204}	88
6.7 F - K plot จากสเปกตรัมของ P^{32}	89

รูปที่		หน้า
6.8	F - K plot จากสเปกตรัมของ Y^{90}	90
6.9	F - K plot จาก V^{52}	91
6.10	F - K plot จาก Al^{28}	92
6.11	F - K plot จาก Mn^{56}	93
6.12	F - K plot จาก K^{42}	94
6.13	F - K plot จาก Cl^{38}	95
7.1	แผนภาพแสดงการต่อเครื่องมือวัดครีคอยล์อิเล็กตรอนที่มีพลังงาน เท่ากับ Compton edge energy	101
7.2	แผนภาพแสดงการต่อเครื่องมือวัดคอนเวอชันอิเล็กตรอนโดย โคอินซิเดนซ์กับรังสีเอ็กซ์	102