การหาปริมาณไนโตรเจนโดยเทคนิคการวิเคราะห์พรอมต์แกมมา

นายคณิต ทองพิสิฐสมบัติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2535

ISBN 974-581-050-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018599 i17198689

DETERMINATION OF NITROGEN BY PROMPT GAMMA ANALYSIS TECHNIQUE

Mr. Kanit Thongpisisombat

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Nuclear Technology
Graduate School
Chulalongkorn University

ISBN 974-581-050-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาปริมาณไนโตรเจนโดยเทคนิคการวิเคราะห์พรอมต์แกมมา
โดย	นายคณิต ทองนิสิฐสมบัติ
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

คณิต ทองพิสิฐสมบัติ : การหาปริมาณไนโตรเจนโดยเทคนิคการวิเคราะห์พรอมต์แกมมา
(DETERMINATION OF NITROGEN BY PROMPT GAMMA ANALYSIS TECHNIQUE)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ.นเรศร์ จันทน์ขาว, 70 หน้า

ในการศึกษาปริมาณไนโตรเจนโดยเทคนิคการวิเคราะห์พรอมต์แกมมานิวตรอนแอคติเวชัน ได้ใช้แหล่งกำเนิดรังสีนิวตรอนจาก พลูโทเนียม-238/เบริลเลียม ความแรงรังสี 185 จิกะเบคเคอเรล (5 คูรี) โดยมีหัววัดรังสีโซเดียมไอโอไดด์ขนาด 5"×5" วัดรังสีพรอมต์แกมมาพลังงาน 10.82 เมกะอิเลคตรอนโวลต์ ที่ได้จากปฏิกิริยา $^{14}N(n,\gamma)^{15}N$ การวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบอาบรังสีโดยบรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนไว้ในถังเหล็ก ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 ซม. สูง 110 ซม. ที่มีน้ำบรรจุอยู่เพื่อใช้ในการผลิตนิวตรอนช้า ลำรังสีนิวตรอนช้าถูกนำออกจากตอนบนของถังเพื่ออาบรังสีตัวอย่าง จากนั้นได้ศึกษาผลของตำแหน่งต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ตำแหน่งของหัววัดรังสีโซเดียมไอโอไดด์ และปริมาตรของสารตัวอย่างที่มีต่อประสิทธิภาพการวัดรังสีพรอมต์แกมมาพลังงาน 10.82 เมกกะอิเลคตรอนโวลต์ การหาปริมาณไนโตรเจนในสารอินทรีย์และปุ๋ยได้ทดสอบในรูปของสารละลาย โดยใช้ยูเรียเป็นสารมาตรฐาน ซึ่งมีความเข้มข้นในช่วง 0.5-8 โมลต่อลิตร พบว่าค่าปริมาณความเข้มข้นรังสีที่ได้จากสเปคตรัมของไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายยูเรียเพิ่มขึ้น โดยมีค่าขีดจำกัดในการวัดประมาณ 1% ของไนโตรเจนสำหรับขนาดตัวอย่าง 7 ลิตร และเวลาที่ทำการวัด 4000 วินาที นอกจากนี้ได้จำลองสถานการณ์การตรวจหาสารคล้ายวัตถุระเบิดจากการใช้เทคนิคนี้ โดยบรรจุสารยูเรียไว้ในกระเป๋าเอกสาร ซึ่งผลการทดสอบ ปรากฏว่าความไวในการวัดรังสีได้ประมาณ 0.1 cps ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต คณิต ทองพิสิฐสมบัติ
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา นเรศร์ จันทน์ขาว
ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C017257 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEY WORD : PROMPT GAMMA/NEUTRON ACTIVATION/NITROGEN CONTENT
KANIT THONGPISISOMBAT : DETERMINATION OF NITROGEN BY PROMPT GAMMA ANALYSIS TECHNIQUE. THESIS ADVISTOR : ASST. PROF. NARES CHANKOW, M.ENG. 70 PP. ISBN 974-581-050-9

Determination of nitrogen by measurement of 10.82 MeV prompt gamma-rays from $^{14}N(n, \gamma)^{15}N$ reaction was investigated. A neutron irradiation system using 185 GBq (5 Ci) $^{238}Pu/Be$ source was designed and constructed. The source was installed in a 110 cm ϕ, 110 cm height steel tank filled with water to produce thermal neutrons. Thermal neutron beam was extracted from the top of the tank to irradiate the sample while a 5"×5" NaI(Tl) detector was positioned on either side of the sample. Factors that affect the measurement of 10.82 MeV gamma-rays were also studied i.e. source position, detector position and sample volume. Urea solutions with concentration ranging from 0.5 to 8 mole/l were used to calibrate the system. It was found that the net nitrogen peak intensity increased linearly with increasing nitrogen concentration. The detection limit (2σ) was found to be about 1% of nitrogen for 4000 second counting time and 7 liters of sample volume. To simulate the detection of explosives using this technique, the system was used to detect the presence of nitrogen packed inside a briefcase. The detection sensitivity was found to be about 0.1 cps per 100 grams of nitrogen.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ข้อมูลเครื่องมือวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธีทางเคมี และวิธี CHN ANALYSIS

ขอกราบของพระคุณบิดา-มารดา ที่เป็นกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณหัสฤกษ์ เนียมอินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลืองานวิจัยบางส่วน

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณวีณา ทองพิสิฐสมบัติ ที่มีส่วนช่วยในด้านการพิมพ์วิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
กิตติกรรมประกาศ		ฌ
สารบัญตาราง		ญ
สารบัญภาพ		ฌ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	3
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.4 ขั้นตอนการวิจัย	3
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	1.6 งานวิจัยที่ผ่านมา	4
บทที่ 2	ทฤษฎี	8
	2.1 รังสีนิวตรอน	8
	2.2 การหาปริมาณตัวอย่างด้วยเทคนิคนิวตรอนแอคติเวชัน	20
	2.3 การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค PGNAA	23
	2.4 วิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนวิธีต่าง ๆ ที่ใช้กันในปัจจุบัน	26
บทที่ 3	วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย	31
	3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	31
	3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	32
	3.3 การสร้างกราฟปรับเทียบและการทดลองหาปริมาณไนโตรเจนในสารสารละลาย	41
	3.4 การทดลองตรวจสอบการมีอยู่ของสารประกอบไนโตรเจน	41
บทที่ 4	ผลการวิจัย	42
	4.1 ผลของตำแหน่งในการวางต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน	42
	4.2 ผลของตำแหน่งในการวางหัววัดรังสี NaI(Tl)	46
	4.3 ผลการศึกษาผลจากขนาดของตัวอย่าง	50
	4.4 ผลจากตำแหน่งของตัวอย่าง	57

สารบัญ (ต่อ)

4.5 ผลการทดสอบระบบวิเคราะห์ไนโตรเจน..... 58
4.6 ผลการสร้างกราฟปรับเทียบและการหาปริมาณไนโตรเจนในสารละลาย 58
4.7 ผลการตรวจสอบการมีอยู่ของสารประกอบไนโตรเจน..... 58
บทที่ 5 บทสรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ 66
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย..... 66
5.2 ข้อเสนอแนะ 67
บรรณานุกรม 68
ภาคผนวก 69
ประวัติผู้เขียน 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แหล่งกำเนิดรังสีนิวตรอนแบบไอโซโทปรังสีบางชนิดที่ได้จากปฏิกิริยา (α,n)....	9
2.2	คุณสมบัติของธาตุและสารประกอบบางชนิดในการลดพลังงานของนิวตรอน	16
2.3	แสดงคุณสมบัติของการหน่วงความเร็วนิวตรอน	17
2.4	แสดงค่าพลังงานของรังสีพรอมต์แกมมาที่เกิดจากปฏิกิริยากับการจับนิวตรอนของธาตุบางชนิด	25
4.1	ความเข้มของรังสีพรอมต์แกมมาของไนโตรเจนกับตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ณ ตำแหน่งต่าง ๆ	42
4.2	ความเข้มของรังสีพรอมต์แกมมาของไนโตรเจนกับตำแหน่งของหัววัดรังสี NaI(Tl) ณ ตำแหน่งต่าง ๆ	46
4.3	การลดทอนของรังสีนิวตรอนกับความหนาของสารทดสอบ.....	50
4.4	ปริมาณรังสีพรอมต์แกมมาของไนโตรเจนที่วัดได้ที่ความหนาของสารยูเรียต่าง ๆ กันโดยใช้เวลาวัดรังสี 4000 วินาที.....	52
4.5	ความเข้มรังสีพรอมต์แกมมาที่วัดได้ที่ปริมาตรของสารละลายยูเรียต่าง ๆ.....	55
4.6	ปริมาณรังสีพรอมต์แกมมาที่วัดได้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของภาชนะที่บรรจุมีขนาด ϕ = 20 ซม. ใช้เวลาวัด 4000 วินาที.....	57
4.7	ผลการปรับเทียบรังสีพรอมต์แกมมากับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายยูเรีย ..	60
4.8	เปรียบเทียบความเข้มข้นของรังสีพรอมต์แกมมาที่เตรียมจากสารตัวอย่าง กับวิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคพรอมต์แกมมา	61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	Neutron "Howitzer" ที่ใช้ในการวิจัยของ Tiwari	4
1.2	ตัวอย่างสเปคตรัมของรังสีพรอมต์แกมมาที่ได้จากยูเรียและแบลงค์ จากการวิจัยของ Tiwari (5).....	5
1.3	ระบบอาบรังสีนิวตรอนที่ใช้ในการวิจัยของ B.J.Allen (2).....	6
1.4	ระบบอาบรังสีนิวตรอนที่ใช้ในการวิจัยของ Cheng-Jong Lee และตัวอย่างสเปคตรัมของรังสีพรอมต์แกมมาที่ได้จากการวัดด้วยหัววัดรังสี BGO และ NaI(Tl) (3)	7
2.1	นิวตรอนสเปคตรัมของ ^{238}Pu-Be (α,n)	10
2.2	นิวตรอนสเปคตรัมของ ^{241}Am-Be(α,n)n , ^{251}Cf(f,n)	11
2.3	แกมมาสเปคตรัมของต้นกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am-Be	12
2.4	แผนภาพแสดงอันตรกิริยาแบบต่าง ๆ ของนิวตรอน	14
2.5	ภาคตัดขวางของ B,Cd,In กับพลังงานนิวตรอน	19
2.6	แผนภาพแสดงปรากฏการณ์การจับนิวตรอนของอะตอม A.....	23
2.7	การปลดปล่อยรังสีพรอมต์แกมมาจากปฏิกิริยานิวตรอน	24
2.8	การกลั่นโดยวิธี Kjeldahl	27
3.1	แผนผังของระบบวัดรังสีแกมมา	31
3.2	ระบบอาบรังสีนิวตรอนในระยะที่เริ่มศึกษาวิจัย	34
3.3	แผนภาพแสดงการปรับตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่ทำการวิจัย.....	35
3.4	แผนภาพแสดงการแปรเปลี่ยนตำแหน่งหัววัดรังสีแกมมา NaI(Tl)	36
3.5	แผนภาพแสดงการวัดรังสีพรอมต์แกมมากับขนาดของสารทดสอบ	37
3.6	แผนภาพแสดงการวัดรังสีพรอมต์แกมมากับตำแหน่งในการวางสารทดสอบ	38
3.7	ระบบอาบรังสีนิวตรอนที่ใช้ในงานการวิเคราะห์ไนโตรเจนโดยวิธีวัดรังสีพรอมต์แกมมา.....	39
3.8	รูปถ่ายของระบบอาบรังสีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไนโตรเจนโดยวิธีวัดรังสีพรอมต์แกมมา.....	40
3.9	รูปถ่ายท่อคลอลิเมเตอร์ของระบบอาบรังสีที่ใช้ในงานวิจัย (มองจากด้านบน)....	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
4.1	แสดงเส้นสเปคตรัมของรังสีพรอมต์แกมมาที่ตำแหน่งต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนต่าง ๆ	43
4.2	สเปคตรัมของรังสีพรอมต์แกมมาของไนโตรเจน ณ ตำแหน่งต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนต่าง ๆ	44
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีพรอมต์แกมมาของพีคไนโตรเจนกับแบคกราวด์	45
4.4	สเปคตรัมรังสีพรอมต์แกมมากับตำแหน่งของหัววัดรังสี	47
4.5	สเปคตรัมรังสีพรอมต์แกมมาของไนโตรเจนกับตำแหน่งของหัววัดรังสี	48
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีพรอมต์แกมมาของพีคไนโตรเจนกับแบคกราวด์เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งหัววัดรังสี	49
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการทะลุผ่านของนิวตรอนกับความหนาของยูเรีย	51
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีพรอมต์แกมมาของไนโตรเจนกับความหนาของยูเรีย	53
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความเข้มรังสีสุทธิของไนโตรเจนต่อแบคกราวด์กับความหนาของสารทดสอบ (P/B)	54
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างรังสีพรอมต์แกมมาของไนโตรเจนกับปริมาตรของสารละลายยูเรีย	55
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีพรอมต์แกมมาของไนโตรเจนกับตำแหน่งในการวางตัวอย่างยูเรีย	56
4.12	สเปคตรัมที่ได้จากการวัดรังสีพรอมต์แกมมาเมื่อใช้ตัวอย่างยูเรีย 6 กิโลกรัม เวลานับรังสี 4000 วินาที	60
4.13	กราฟเปรียบเทียบความเข้มของรังสีพรอมต์แกมมากับปริมาณไนโตรเจนในสารละลาย	61
4.14	สเปคตรัมของรังสีพรอมต์แกมมาจากตัวอย่างปุ๋ยสูตร 15-0-0	62
4.15	สเปคตรัมของปุ๋ยที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่	63
4.16	สเปคตรัมรังสีพรอมต์แกมมาจากปุ๋ยสูตร 15-4-24 เป็นปุ๋ยชนิดเม็ดแข็ง	64
4.17	สเปคตรัมรังสีพรอมต์แกมมาที่ได้จากยูเรีย 1 กิโลกรัม เทียบกับแบคกราวด์	67