

การศึกษาและออกแบบเครื่องมือตรวจความหนาแน่นของสาร
โดยวิธีนิวเคลียร์



เรืออากาศเอก พิเนต สุกรวรรณ

002044

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2521

I16682415

A STUDY AND DESIGN OF THE SURFACE DENSITY GAUGE
BY NUCLEAR METHOD

Flight Lieutenant Pinet Sukaravan

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

การศึกษาและออกแบบเครื่องมือตรวจความหนาแน่น ของ
สารโดยวิธีนิวเคลียร์

โดย

เรืออากาศเอก พิเนต ศุภรวรรณ

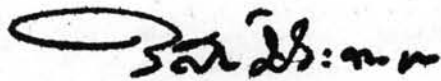
แผนกวิชา

นิวเคลียร์เทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ปรึษา การสุทธิ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ สุวรรณ แก่งเพชร)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจิด จิรัปภา)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ชีรชาติ รื่นไกรฤกษ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ปรึษา การสุทธิ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9

Thesis Title	A Study and Design of the Surface Density Gauge by Nuclear Method
Name	Flight Lieutenant Pinet Sukaravan
Thesis Advisor	Pricha Karasuddhi
Department	Nuclear Technology
Academic Year	1977

ABSTRACT

The principle of density determination by nuclear method is to measure scattered rays from materials and calculate density from regression equation of the relation between scattered rays and known density. In this research, fourteen kinds of materials are sand, gravel, three kinds of stone, cement, lime, concrete, alloy-dust, rice chaff, saw-dust, lignite, organic fertilizer and pure water are used. These materials are low porosity type and high porosity type.

In this study it was found that the amount of scattered rays and density of materials had good relation only in case of low porosity type. The regression equation from this experiment can be used to determine the density of materials in range of 1.00 - 2.59 gm/cm³, and after testing with known material densities the errors are in the range of 0.68 - 7.80 %.

The nuclear equipment system was also designed for the determination of density on the surface of materials to use in laboratory and in the field.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือ และแนะนำทั้งทางด้านวิชาการ และการวิจัย ตลอดจนให้ความกรุณาตรวจทานแก้ไขจนสำเร็จลงด้วยดี จากอาจารย์ ปรีชา การสุทธิ แผนกวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ นาวาอากาศเอก สมโพธิ ปัญญาสุข รองผู้อำนวยการ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศ ที่ได้กรุณาให้ขอยืมเครื่องมือบางชนิดที่ใช้ ประกอบในการวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ คุณสุทิน ชูรัมย์ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือในการเตรียมสารตัวอย่างหลายชนิดประกอบการวิจัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ณ
รายการรูปประกอบ	ญ
บทที่	



1. บทนำ	1
1.1 ปัญหาในการวัดความหนาแน่นของสาร	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่ไ้จากการวิจัยนี้	2
1.4 วิธีที่จะดำเนินการวิจัย	2
1.5 นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค	3
2. ทฤษฎี	5
2.1 กัมมันตภาพรังสี	5
2.2 ต้นกำเนิดรังสี	8
2.3 ปฏิกริยาระหว่างรังสีกับวัตถุ	9
2.4 การหาค่าความหนาแน่นของสารโดยวิธีนิวเคลียร์	33
3. วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย	47
3.1 อุปกรณ์และเครื่องใช้ในการดำเนินงาน	47
3.2 สารตัวอย่าง	48

	หน้า
3.3 การเตรียมสารตัวอย่าง	48
3.4 หาปริมาณที่แท้จริง และน้ำหนักของภาชนะ	49
3.5 การเลือกหัววัดรังสีที่เหมาะสม	49
3.6 ชนิดของสารตัวอย่าง	54
3.7 การเลือกความจุของภาชนะที่เหมาะสมในการวิจัย	56
3.8 การวัดความหนาแน่นของสารตัวอย่าง	64
4. การอภิปรายผลการวิจัย	74
4.1 การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล	74
4.2 การหาสมการรีเกรสชัน	80
4.3 การทดลองหาค่าความหนาแน่นของสารโดยวิธีนิวเคลียร์	84
4.4 การออกแบบเครื่องมือตรวจความหนาแน่นของสาร โดยวิธีนิวเคลียร์	84
5. ข้อสรุป และข้อเสนอแนะ	94
5.1 ข้อสรุปผลการวิจัย	94
5.2 ข้อเสนอแนะ	96
บรรณานุกรม	99
ประวัติ	101

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่า แมส แอทเทนชูนุเอชัน ($\frac{\mu}{\rho}$) ของสารในหน่วย ซม. ² /กรัม แต่ละพลังงานของรังสีแกมมา	29
2.2 แสดงค่า แมส แอบซอภชัน ($\frac{\mu_a}{\rho}$) ของสารในหน่วย ซม. ² /กรัม แต่ละพลังงานของรังสีแกมมา	32
3.1 ปริมาณรังสีสะท้อนจากสารตัวอย่างที่มีลักษณะประกอบแบบรูพรุน น้อย เมื่อบรรจุในภาชนะแต่ละความจุ	58
3.2 ปริมาณรังสีสะท้อนจากสารตัวอย่างที่มีลักษณะประกอบแบบรูพรุน มาก เมื่อบรรจุในภาชนะแต่ละความจุ	59
3.3 แสดงความจุของภาชนะที่เหมาะสม แต่ละชนิดของสารตัวอย่าง ที่มีลักษณะประกอบแบบรูพรุนน้อย โดยพิจารณาเลือกจากตาราง ที่ 3.1 และรูปประกอบที่ 3.3	62
3.4 แสดงความจุของภาชนะที่เหมาะสม แต่ละชนิดของสารตัวอย่าง ที่มีลักษณะประกอบแบบรูพรุนมาก โดยพิจารณาเลือกจากตาราง ที่ 3.2 และรูปประกอบที่ 3.4	63
3.5 แสดงผลการวัดปริมาณรังสีสะท้อนจากสารตัวอย่างที่มีลักษณะ ประกอบแบบรูพรุนน้อย ที่ทราบค่าความหนาแน่นแต่ละเปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่วัดได้	67
3.6 แสดงผลการวัดปริมาณรังสีสะท้อน จากสารตัวอย่างที่มีลักษณะ ประกอบแบบรูพรุนมาก ที่ทราบค่าความหนาแน่นแต่ละเปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่วัดได้	68

3.7	แสดงผลการวัดปริมาณรังสีสะท้อนจากสารตัวอย่าง ที่มีลักษณะ ประกอบแบบรูปวงกลมมาก และมีความหนาแน่นน้อยกว่าหนึ่ง ที่ทราบ ค่าความหนาแน่นแต่ละเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่วัดได้	69
3.8	แสดงผลการวัดปริมาณรังสีสะท้อนจากสารตัวอย่างที่มีลักษณะ ประกอบแบบรูปวงกลมมาก และมีความหนาแน่นมากกว่าหนึ่ง ที่ทราบ ค่าความหนาแน่นแต่ละเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่วัดได้	70
4.1	การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่าง ที่มีลักษณะ ประกอบแบบรูปวงกลมน้อย ที่ทำการวัดโดยวิธีนิวเคลียร์ และโดยวิธี พื้นฐาน	85
4.2	การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่าง ซึ่งมีลักษณะ ประกอบแบบรูปวงกลมมาก ซึ่งมีค่ามากกว่าหนึ่งที่ทำการวัดค่าโดยวิธี นิวเคลียร์ และโดยวิธีพื้นฐาน	86
4.3	แสดงค่าบิลด์อัฟ แฟคเตอร์ (B) แต่ละพลังงานของรังสีแกมมา	91
5.1	ผลการวัดปริมาณรังสีสะท้อนจากคอนกรีต แต่ละส่วนประกอบ ...	98

รายการรูปประกอบ

รูปที่

หน้า

2.1	แสดงทิศทางของรังสีทั้ง 3 ชนิดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับระนาบ	6
2.2	แสดงผังการสลายตัวของซีเซียม-137	9
2.3	แสดงรัทเทอรัฟอรัค สแคเตอร์ริง ของอนุภาคเบตา	10
2.4	แสดงการเกิดเบรมสตราลุง	11
2.5	แสดงการเกิดไอไอไนซ์เซชัน	12
2.6	แสดงการดูดกลืนของอนุภาคเบตาที่วิ่งยานแดน แอบซอบเบอร์ ความหนาแน่น ρ และวิ่งไปได้ระยะทาง x	13
2.7	แสดงปฏิกิริยา โฟโตอิเล็กทริก เอฟเฟกต์	16
2.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ภาคตัดขวางเนื่องจากปฏิกิริยา โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric cross section) และพลังงานของรังสีแกมมา	17
2.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ n และพลังงานของรังสีแกมมา	18
2.10	แสดงการเกิดปฏิกิริยา แพร์ โพรดักชัน	19
2.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาคตัดขวาง เนื่องจากปฏิกิริยา แพร์ โพรดักชัน (Pair Production Cross Section) ของตะกั่ว และพลังงานของรังสีแกมมา	20
2.12	แสดงการเกิดปฏิกิริยา คอมพัตัน สแคเตอร์ริง	21
2.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาคตัดขวาง เนื่องจากปฏิกิริยา คอมพัตัน สแคเตอร์ริง ของอิเล็กตรอนหนึ่งตัว ($e \sigma_c$, Compton cross section per electron) และพลังงานของรังสีแกมมา	23

2.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า แมส แอทเทนชูนุเอชัน โคเอฟฟิเชียนต์ ของตะกั่ว และพลังงานของรังสีแกมมา	26
2.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า แมส แอทเทนชูนุเอชัน โคเอฟฟิเชียนต์ ของธาตุบางชนิด และพลังงานของรังสีแกมมา	28
2.16	แสดงลักษณะเบื้องต้นของการจัดเครื่องมือสำหรับวัดความหนาแน่น ของสาร	35
2.17	แสดงภาพภายในของหัววัดรังสีชนิดไกเกอร์	37
2.18	แสดงผังวงจรของระบบหัววัดรังสีชนิดไกเกอร์	37
2.19	แสดงภาพภายในของหัววัดรังสี ชนิดเรืองแสง	40
2.20	แสดงผังวงจรของหัววัดรังสี ชนิดเรืองแสง	40
2.21	แสดงการหาระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสี และหัววัดรังสี ...	43
2.22	แสดงการหาค่าความหนาแน่นที่เหมาะสม สำหรับสารที่จะนำมาวัดค่า ความหนาแน่น	44
2.23	ภาษาที่ใช้สำหรับบรรจุสาร เพื่อจะหาความหนาแน่นสูงสุดของสาร ที่จะนำมาวัดความหนาแน่น	45
2.24	แสดงลักษณะการจัดเครื่องมือ เพื่อวัดรังสีสะท้อนจากสาร เพื่อ หาความหนาแน่นที่เหมาะสมของสาร	45
2.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น และปริมาณรังสีสะท้อน จากสาร ที่จะวัดความหนาแน่น	46
3.1	แสดงการจัดเครื่องมือเพื่อเตรียมการวิจัย	50
3.2	แสดงลักษณะการวางภาชนะเปล่า หรือภาชนะบรรจุสารตัวอย่าง เพื่อวัดปริมาณรังสีสะท้อน	51

3.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีสะท้อน (cpm) จากสารตัวอย่างที่มีลักษณะประกอบแบบรูพรุนน้อย และค่าความจุของภาชนะ (ซม. ³)	60
3.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีสะท้อน (cpm) จากสารตัวอย่างที่มีลักษณะประกอบแบบรูพรุนมาก และค่าความจุของภาชนะ (ซม. ³)	61
3.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีสะท้อนสุทธิ และความหนาแน่นของสารตัวอย่าง ที่มีลักษณะประกอบแบบรูพรุนน้อย ..	71
3.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีสะท้อนสุทธิ และความหนาแน่นของสารตัวอย่างที่มีลักษณะประกอบแบบรูพรุนมาก ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าหนึ่ง	72
3.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีสะท้อนสุทธิ และความหนาแน่นของสารตัวอย่างที่มีลักษณะประกอบแบบรูพรุนมาก ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าหนึ่ง	73
4.1	แสดงภาพภายนอกของเครื่องมือส่วนที่ ๒ ตรวจสอบความหนาแน่น ..	87
4.2	แสดงภาพคานบนของเครื่องมือส่วนที่ ๒ ตรวจสอบความหนาแน่น ..	88
4.3	แสดงภาพคานข้างของเครื่องมือส่วนที่ ๒ ตรวจสอบความหนาแน่น ..	88
5.1	แสดงการวัดปริมาณรังสีสะท้อนจากคอนกรีตในห้องปฏิบัติการ ..	97