พปส
OAEP -1-104

การหาประสิทธิภาพสัมบูรณ์ของหัววัดโซเดียมไอโอไดด์ 5"x5"

สำหรับกระดาษกรองแผ่นกลม

โดย

สกาว มหาปัญญาวงศ์

ธันวาคม 2526
DECEMBER 1983

OFFICE OF ATOMIC
ENERGY FOR PEACE

การหาประสิทธิภาพสัมบูรณ์ของหัววัดโซเดียมไอโอไดด์ 5"x5" สำหรับกระดาษกรองแผ่นกลม

Absolute Efficiency of the NaI(Tl) 5"x5" Counter for a Round Filter Paper

สกาว มหาปัญญาวงศ์
กองการวัดกัมมันตภาพรังสี

Sakao Mahapanyawong
Radiation Measurement Division

ธันวาคม 2526
DECEMBER 1983
สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ
OFFICE OF ATOMIC ENERGY FOR PEACE

*รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต แผนกวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

"The report was prepared as account of work sponsored by the Office of Atomic Energy for Peace (OAEP). Neither the OAEP, nor any of their employees, or any of their contracters, subcontractors, or their employees, makes any warranty, expressed or implied, or assumes any legal liability or responsibility for the accuracy, completeness of usefulness of any information, apparatus, product or process disclosed, or represents, that its use would not infringe privately owned rights.

เอกสารฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พปส.) สำนักงานฯ ไม่ประกันความรับผิดชอบทางกฎหมายในเรื่องความแน่นอน ความสมบูรณ์ หรือประโยชน์ของข้อมูล เครื่องมือ ผลิตผล หรือขบวนการใด ๆ ที่เปิดเผยในเอกสารนี้"

ISBN-974-7399-07-5

บทคัดย่อ

ได้คำนวณหาประสิทธิภาพสัมบูรณ์ของหัววัดรังสีโซเดียมไอโอไดด์ ขนาด 5"x 5" สำหรับกระดาษกรองแผ่นกลม โดยใช้สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน ซีเซียม-137 แมงกานีส-54 และโคบอลต์-60

ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณนี้ สามารถนำมาใช้หากัมมันตภาพรังสีของธาตุต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นในบรรยากาศ ซึ่งดูดผ่านกระดาษกรองแผ่นกลมขนาด 10.4 ซม. และของธาตุกัมมันตรังสีอื่น ๆ ด้วยวิธีเดียวกัน

ประสิทธิภาพดังกล่าวข้างต้นเป็นประสิทธิภาพของพีค

ABSTRACT

Absolute efficiency of the NaI(Tl) 5" x 5" counter for a round filter paper was calculated using standard radioactive sources cesium-137, manganese-54 and cobalt-60.

The calculated efficiency can be used in determining the activity of the mentioned radioisotopes in the air filtering through the 10.4 cm. diameter filter paper. The activity of the other radioisotopes can be determined by the same methods.

The mentioned efficiency is the peak efficiency.

1. บทนำ

ประสิทธิภาพที่ใช้กับหัววัดโซเดียมไอโอไดด์ ในการวัดรังสีแกมมา มี 2 อย่าง คือ ประสิทธิภาพทั้งหมด (total efficiency) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของจำนวนนับภายใต้พื้นที่ของชาตุรังสีนั้นกับอัตราการสลายตัวของชาตุรังสีนั้นในหน่วยเวลาเดียวกัน และประสิทธิภาพของพีค (peak efficiency) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของจำนวนนับที่พีคของชาตุรังสีนั้นกับอัตราการสลายตัวของชาตุรังสีนั้นในหน่วยเวลาเดียวกัน

รังสีแกมมาเมื่อตกกระทบที่ผลึกโซเดียมไอโอไดด์นี้ต่อกับหลอดโฟโตมัลติพลาย จะถูกบันทึกออกมาเป็นสเปคตรัม ดังใน Figure 1.1

โฟโตพีค (photopeak) ทางขวาสุดใน Figure 1.1 เกิดจากการสูญเสียพลังงานทั้งหมดของรังสีแกมมา เนื่องจากปฏิกิริยาโฟโตอิเลคตริก หรือปฏิกิริยาคอมพ์ตันหลาย ๆ ครั้ง ส่วนซ้ายของสเปคตรัมเกิดจากรังสีแกมมา รังสีแกมมาถ่ายพลังงานเพียงส่วนเดียวให้แก่หัววัดเนื่องจากปฏิกิริยาคอมพ์ตัน ซึ่งเมื่อเกิด 1 ครั้งแล้ว รังสีแกมมาก็ออกจากหัววัด

การใช้ประโยชน์ของสเปคตรัมในการวัดกัมมันตภาพรังสี อาจทำได้ 2 วิธี คือ

ก) ใช้พื้นที่ทั้งหมดภายใต้สเปคตรัม โดยต้องทราบค่าประสิทธิภาพทั้งหมดของหัววัด

ข) ใช้พื้นที่เฉพาะใต้พีค ดังแสดงไว้ใน Figure 1.1 โดยต้องทราบค่าประสิทธิภาพของพีคของหัววัด

ประสิทธิภาพของพีค มีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพทั้งหมด ดังนั้น การวัดโดยอาศัยพื้นที่ทั้งหมด จะมีความไวสูงกว่า แต่ก็มีผู้นิยมใช้พื้นที่ใต้พีค ซึ่งมีผลดีกว่าบางประการ เช่น ในกรณีที่มีรังสีแกมมาพลังงานต่าง ๆ กันปะปนกันเข้ามา อาจวัดความแรงของรังสีตัวที่มีพลังงานสูงสุด (ยอดอยู่ขวาสุด) โดยใช้พื้นที่ใต้พีค แต่ไม่อาจวัดได้โดยใช้พื้นที่ทั้งหมด

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- หัววัดรังสีโซเดียมไอโอไดด์ ขนาด 5" x 5" ประกอบกับเครื่องวิเคราะห์ แบบมัลติแชนเนล ขนาด 1024 ช่อง

- สารรังสีมาตรฐาน ซีเซียม-137 และ โคบอลต์-60 จาก หน่วยงานพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ซึ่งมีพลังงาน 0.662, 1.17 และ 1.33 Mev ตามลำดับ

- สารรังสีมาตรฐาน แมงกานีส-54 จากบริษัท อะเมอร์แชม ซึ่งมีพลังงาน 0.842 Mev.

3. วิธีการทดลองและการคำนวณ

จาก Figure 3.1 นำสารรังสีมาตรฐาน ซีเซียม-137 มาวางไว้ ณ จุดศูนย์กลาง (o) ของหัววัด หาจำนวนนับสุทธิต่อนาที ต่อมาเลื่อน ซีเซียม-137 นี้ ไปไว้ ณ จุด A_1, A_2, A_3 และ A_4 ซึ่งอยู่ห่างจากจุด o เป็นระยะทาง r_i ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เป็น 1 ซม. หาจำนวนสุทธิเฉลี่ยที่จุด A นี้ และทำการทดลองเช่นนี้อีก ณ จุดห่างออกไปอีก 1 ซม. ต่อ ๆ ไป จนถึงจุดสุดท้าย ซึ่งอยู่ห่างจากจุด o เป็นระยะทาง 4.75 ซม.

จำนวนนับสุทธิในหัวข้อนี้ เป็นจำนวนนับสุทธิภายใต้พีคของสารรังสี ซีเซียม-137

$$\text{ประสิทธิภาพที่พีค} = \frac{\text{จำนวนนับสุทธิภายใต้พีคต่อ 1 นาที (cpm)}}{\text{อัตราการสลายตัว (dpm)}}$$

อัตราการสลายตัวนี้ ได้จากค่าแปลงยันของกัมมันตภาพรังสีของสารรังสีมาตรฐานที่กำหนดให้ โดยมีค่า

$$1 \text{ คูรี} = \text{อัตราการสลายตัว } 3.7 \times 10^{10} \text{ ครั้งต่อวินาที}$$

เขียนกราฟแสดงค่าประสิทธิภาพที่พีค [E] และระยะทางจากจุดศูนย์กลาง จะได้เส้นโค้ง ดัง Figure 3.2

$$\text{ประสิทธิภาพเฉลี่ย } [E] = \int_0^R \frac{E_r \cdot 2\pi r \cdot dr}{\pi R^2}$$

เมื่อ R เป็นรัศมีของกระดาษกรอง = 4.75 ซม.

หา [E] โดยแบ่งพื้นที่ใต้เส้นโค้งออกเป็นช่องเล็ก ๆ กว้าง Δr (ในที่นี้เป็น 0.25 ซม.) เท่ากัน แล้วคำนวณหาประสิทธิภาพเฉลี่ย [E] จาก

$$[E] = \frac{\sum^{n} E_{r_i} 2\pi r_i \Delta r}{\pi R^2}$$

4) ผลการทดลองและบทสรุป

จากการทดลอง ได้ค่าประสิทธิภาพที่พีคสำหรับซีเซียม-137 ที่จุดศูนย์กลาง (0) และที่ระยะทาง 1, 2, 3, 4 และ 4.75 ซม. มีค่า 0.1813, 0.1790, 0.1732, 0.1629, 0.1481 และ 0.1328 ตามลำดับ จากนั้น นำไปหาค่า E ดังแสดงใน Table 4.1

$$E = \frac{\sum_{i}^{n} E_{r_i} 2\pi r_i \Delta r}{\pi R^2}$$

$$E = \frac{1164.984315}{\frac{22}{7} \times (4.75)^2}$$

$$= 16.43\%$$

แก้ค่า photo fraction สำหรับซีเซียม-137 ด้วย 0.846 จากหนังสือแคตาล็อก IDO-16880-1 AEC

ดังนั้น $E = \frac{16.43\ \%}{0.846}$

$= 19.42\ \%$

นั่นคือ ค่าประสิทธิภาพที่พีคของสารกัมมันตรังสีมาตรฐานซีเซียม-137, E สำหรับกระดาษกรองแผ่นกลมมีค่า 0.1942

ทำนองเดียวกัน ได้ค่า E จากสารรังสีมาตรฐานโคบอลต์-60 และแมงกานีส-54 เป็น 0.1081 และ 0.1734 ตามลำดับ

การทดลองหาประสิทธิภาพสัมบูรณ์ โดยวิธีนี้ ใช้สารกัมมันตรังสีมาตรฐานเพียง 3 ธาตุเท่านั้น คือซีเซียม-137 แมงกานีส-54 และโคบอลต์-60 ซึ่งมีพลังงาน 0.662, 0.842 และเฉลี่ย 1.251 MeV. ตามลำดับ จะเห็นความสัมพันธ์ซึ่งเป็นปฏิภาคกลับกันคือ 0.1942, 0.1734 และ 0.1081 ตามลำดับ ดังแสดงใน Fig. 4.1

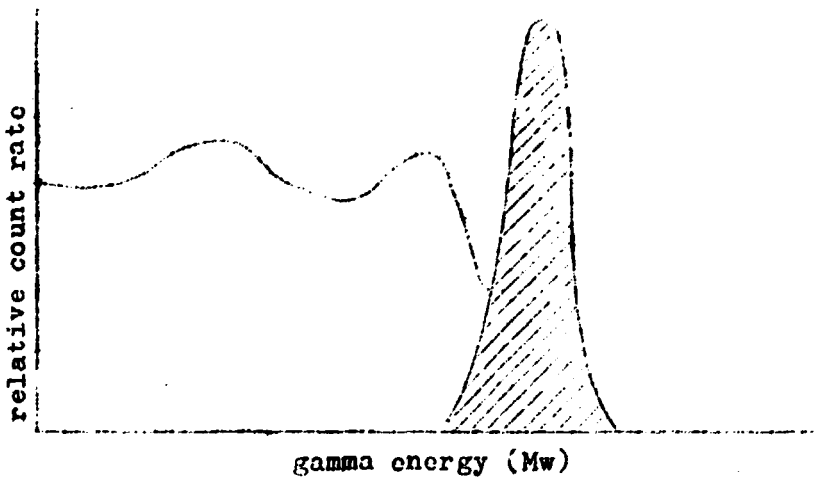

FIG. 1.1 Typical gamma spectrum of a NaI (Tl) detector

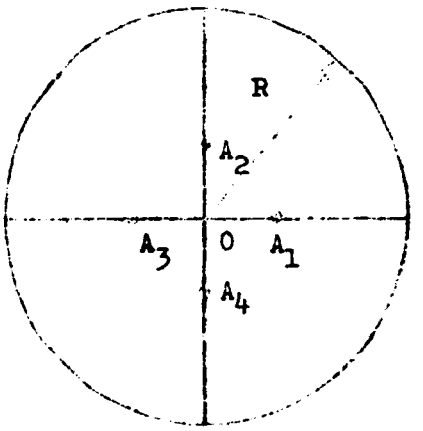

FIG. 3.1 Various positions of a standard source on the horizontal plane, above the NaI(Tl) detector.

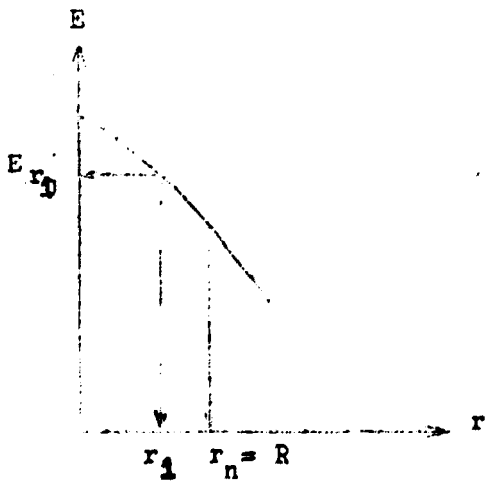

FIG. 3.2 Relation of the efficiency E and the distance r.

TABLE 4.1 Values used in calculating the absolute efficiency, obtained from plotting

r_i (cm.)	E_{r_i} (%)	$E_{r_i} 2\pi r_i \Delta r$
0.25	18.10	7.10
0.50	18.02	14.15
0.75	17.98	21.17
1.00	17.90	28.10
1.25	17.75	34.83
1.50	17.60	41.45
1.75	17.48	48.01
2.00	17.32	54.37
2.25	17.08	60.32
2.50	16.80	65.94
2.75	16.55	71.46
3.00	16.29	76.73
3.25	15.98	81.51
3.50	15.60	85.72
3.75	15.20	89.49
4.00	14.81	93.01
4.25	14.22	94.92
4.50	13.82	97.67
4.75	13.28	99.04
		$\sum E_{r_i} 2\pi r_i \Delta r = 1164.93$

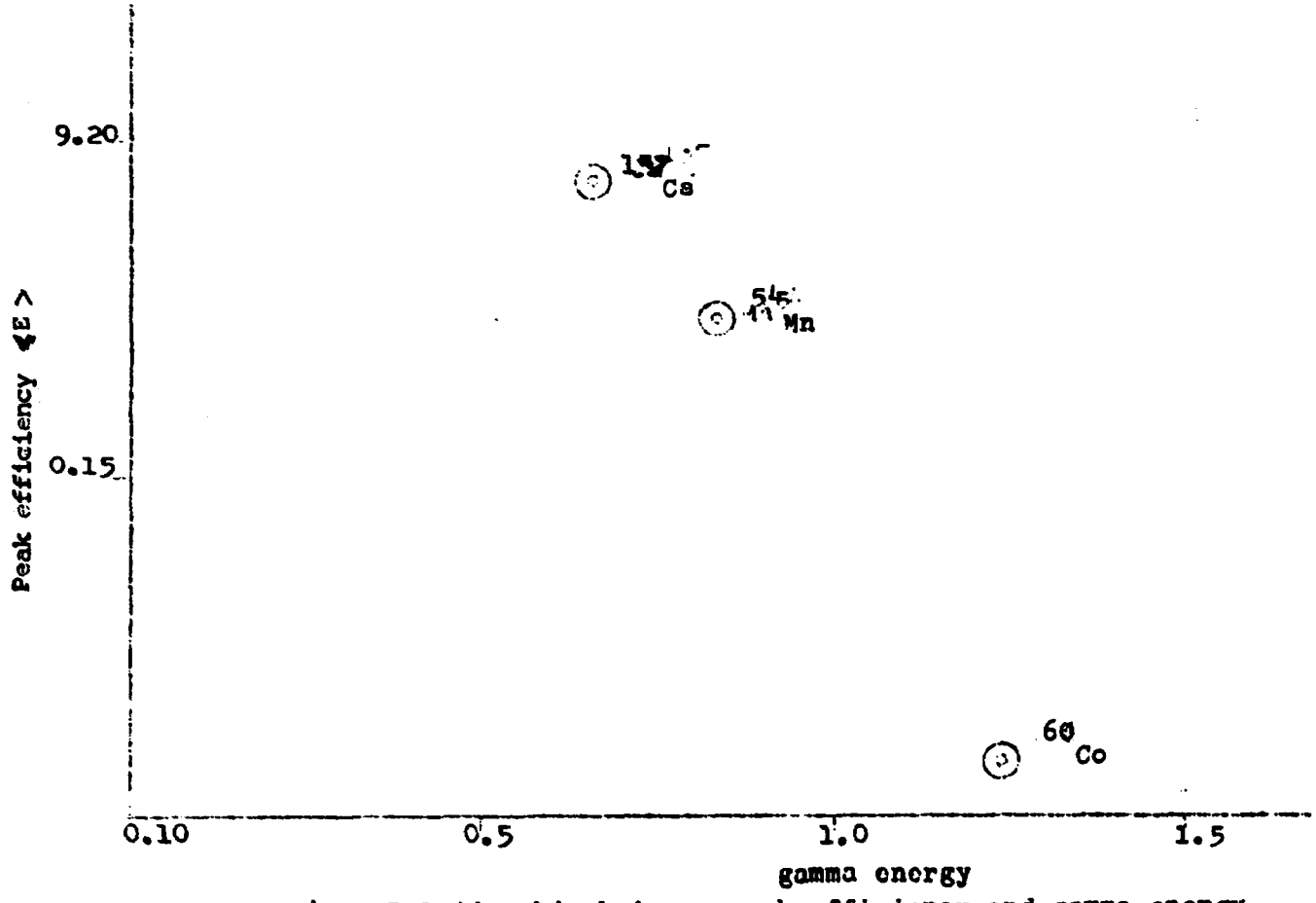

FIG 4.1 Relationship between peak efficiency and gamma energy

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ ซึ่งมีศาสตราจารย์วิชัย หโยดม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือจนสำเร็จผลสมประสงค์ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

บรรณานุกรม

1) Birks, J. B. The Theory and Practice of Scintillation Counting, Pergamon Press, 1967

2) Crouthamel, C.E. Applied Gamma-Ray Spectrometry, Second Edition, Completely reviewed and enlarged Pergamon Press,1970

3) Repartment of Health, Education and Welfare Public Health Service Radiological Health Hand book, Revised Edition 1970

4) Health, R. L. Scintillation Spectrometry, Gamma Ray Spectrum Catalogue, IDO-16880-1 AEC. Research and Development Report Physics and Appendix II & III

5) The Radiochemical Center Amersham Radiation Sources for laboratory and industrial use 1974/5