บทที่ 4

บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองเกี่ยวกับหัววัดโซเดียมไอโอไดด์ ขนาด 5"x 5" ได้ผลการทดลองพอที่จะสรุปผลดังนี้ คือ

4.1.1 ประสิทธิที่ได้จากการคำนวณเอง มีค่าตรงกันกับค่าที่ได้จากเอกสารอ้างอิง ทุก ๆ พลังงาน

4.1.2 ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองด้วยสารกัมมันตรังสี มาตรฐานที่ระยะ 10 ซม. มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ แต่ที่ระยะทางน้อยกว่า 10 ซม. ค่าที่ได้จากการทดลอง จะมีแนวโน้มว่า น้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ ปรากฏการณ์นี้อาจอธิบายได้ว่า ในการคำนว มิได้คำนึงถึงการขวางกั้นรังสี โดยผิวที่หุ้มหัววัด การขวางกั้นของผิวนี้จะมีผลมาก เมื่อสารกัมมันตรังสีอยู่ใกล้ เพราะความหนาเอฟเฟคทีฟ (effective thickness) ของผิวมีค่ามากกว่า เมื่อสารกัมมันตรังสีอยู่ใกล้

4.1.3 สารกัมมันตรังสีมาตรฐานที่ใช้ในการทดลองนี้ บางตัวเก่ามีอายุหลายเท่าของครึ่งชีวิต (half-life) ซึ่งถ้ามีความคลาดเคลื่อนของครึ่งชีวิตเพียงเล็กน้อย อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของความแรงได้มาก ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

จาก $N = N_0 e^{-\lambda t}$

N = ความแรงของสารกัมมันตรังสีขณะที่ทำการทดลอง

N_0 = ความแรงของสารกัมมันตรังสีขณะแรกเริ่ม

λ = อัตราการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีนั้น

t = เวลาจากแรกเริ่มจนถึงการทดลอง

$N + dN = N_o e^{-(\lambda + d\lambda)t}$

dN = ความคลาดเคลื่อนของความแรง N

$d\lambda$ = ความคลาดเคลื่อนของอัตราการสลายตัว

นำสองสมการนี้ลบกัน แล้วหารด้วย N จะได้

$$\frac{dN}{N} = \frac{N_o e^{-\lambda t}(e^{-d\lambda t} - 1)}{N_o e^{-\lambda t}}$$

$$= e^{(-d\lambda t)} - 1$$

สมมติให้ $d = 0.01\lambda$

สำหรับซีเซียม-137 นั้น มีค่า T½ = 30 ปี, โคบอลต์-60 มีค่า = 5.3 ปี และแมงกานีส-54 มีค่า 312.5 วัน

t สำหรับสารรังสีมาตรฐาน 3 ตัวข้างบนนั้นมีค่าดังนี้ (ถือว่าเวลาปัจจุบันเป็น (1 มกราคม 2521)

ซีเซียม-137#50 (จาก 1 มกราคม 2509) มีค่า t เป็น 12 ปี

โคบอลต์-60#50 (จาก 1 มกราคม 2509) มีค่า t เป็น 12 ปี

แมงกานีส-54(AmSh) (จาก 1 ตุลาคม 2517) มีค่า t เป็น 1156 วัน

$\therefore \frac{dN}{N}$ สำหรับซีเซียม-137#50 มีค่า -0.28 %

$\frac{dN}{N}$ สำหรับโคบอลต์-60#50 มีค่า -1.6 %

$\frac{dN}{N}$ สำหรับแมงกานีส-54 (AmSh) มีค่า -2.535 %

สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเพียง 1 % ของ λ ทำให้ความคลาดเคลื่อนของความแรงน้อยลง มีค่าดังแสดงเป็นตัวเลขข้างบนนี้

4.1.4 อัตราส่วนระหว่างค่านับใต้ยอดกับค่านับทั้งหมด มีค่าสูงขึ้น เมื่อสารกัมมันตรังสี อยู่ใกล้หัววัด

4.1.5 อัตราส่วนระหว่างค่านับใต้ยอดกับค่านับทั้งหมด ในกรณีที่สารกัมมันตรังสีวางบนหัววัด (ระยะทาง = 0) มีค่าลดลงเมื่อสารกัมมันตรังสี วางอยู่ห่างจากศูนย์กลาง

4.1.6 ผลการวัดนิวตรอนฟลักซ์ โดยใช้ทอง และโซเดียมคาร์บอเนต มีค่าใกล้เคียงกัน

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ในการใช้หัววัด 5" x 5" นี้ ถ้าจะอาศัยค่าประสิทธิภาพจากการคำนวณ ควรวัดที่ระยะทาง 10 ซม. จะได้ผลดีที่สุด เพราะที่ตำแหน่งนั้น ผลการทดลองด้วยสารกัมมันตรังสีมาตรฐานให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ ส่วนที่ระยะอื่น ๆ ผลการทดลองมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ และไม่น่าไว้วางใจว่า ค่าที่ได้จากการคำนวณจะใช้ได้ เพราะในการคำนวณมิได้คำนึงถึงการขวางกั้นของผิวหัววัด

4.2.2 ในการทดลอง ใช้สารกัมมันตรังสีมาตรฐานเท่าที่มีอยู่ เพียง 3 ตัว จึงเปรียบเทียบการทดลองกับการคำนวณได้เพียงที่พลังงาน 3 ค่าเท่านั้น ถ้ามีสารกัมมันตรังสีมาตรฐานตัวอื่น ที่มีพลังงานแตกต่างออกไป น่าจะมีการทดลองเปรียบเทียบกับการคำนวณเพิ่มเติมอีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระยะใกล้กว่า 10 ซม.

ถ้าไม่มีสารกัมมันตรังสีมาตรฐานสำเร็จรูป อาจทำสารกัมมันตรังสี โดยอาบนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู แล้วนำมาหาความแรง โดยตั้งห่างหัววัด 10 ซม. และใช้ประสิทธิภาพจากการคำนวณ เพราะถือว่าที่ระยะนี้ ผลการคำนวณใช้การได้ แล้วจึงนำสารนั้นมาทดลองที่ระยะอื่น

4.2.3 ในการวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ใช้โซเดียม-คาร์บอเนต มีความสะดวกกว่า เพราะความแรงรังสีจัดให้พอเหมาะที่จะวัดได้ง่าย ถ้าใช้ทอง จะมีความแรงมาก แม้จะอาบเพียงระยะเวลาสั้น ๆ ก็ตาม

ภาคผนวก ก

การหาประสิทธิภาพจากการคำนวณ

จากสมการ 2.6.3

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \tfrac{1}{2}\left\{\int_0^{\theta_1}\left[1-e^{-\frac{\tau t}{\cos\theta}}\right]\sin\theta\, d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_2}\left[1-e^{-\tau\left(\frac{\ell}{\sin\theta}-\frac{h}{\cos\theta}\right)}\right]\sin\theta\, d\theta\right\}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\frac{\ell}{h+t}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\frac{\ell}{h}$$

ตัวอย่าง เมื่อวางซีเซียม-137 # 50 ที่ระยะทาง 10 ซม. จากหัววัด

พลังงานแกมม่าของซีเซียม-137 = 0.662 Mev

$\therefore \tau$ จากรูป (2.3) มีค่า = 0.27 $(\text{ซม})^{-1}$

ℓ = 6.35 ซม.

h = 10.0 ซม.

t = 12.7 ซม.

$$\therefore \theta_1 = \tan^{-1}\left[\frac{6.35}{10+12.7}\right]$$

$$= 15.63^\circ$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left[\frac{6.35}{10}\right]$$

$$= 32.40^\circ$$

อิมทิเกรตโดยประมาณ (approximation) เขียนสมการใหม่ว่า

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \sum y_n \Delta\theta$$

$$= 0.01746 \left[\tfrac{1}{2} y_o + (y_2 + y_2 + \cdots y_{n-1}) + \tfrac{1}{2} y_n \right]$$

ให้ $\Delta\theta$ มีค่า 1° หรือ $= 0.01746$ เรเดียน

ตัวอย่างเช่น $y_o = \tfrac{1}{2} \left[(1 - e^{-\frac{\tau t}{\cos 0^\circ}}) \sin 0^\circ \right]$

$= 0$

$y_1 = \tfrac{1}{2} \left[\left(1 - e^{-\frac{\tau t}{\cos 1^\circ}} \right) \sin 1^\circ \right]$

ฯลฯ

θ_1	$\frac{1}{2}\left[1-e^{\frac{-\tau t_o}{\cos\theta}}\right]\sin\theta$	θ_2	$\frac{1}{2}\left[1-e^{-\tau\left(\frac{h_o}{\sin\theta}-\frac{h}{\cos\theta}\right)}\right]\sin\theta$
1	0.00844345	15.63	0.130880602
2	0.01688522	16	0.133270995
3	0.025323609	17	0.139198262
4	0.033756935	18	0.1442207
5	0.042183489	19	0.148172386
6	0.05060156	20	0.150881511
7	0.059009429	21	0.152171047
8	0.067405355	22	0.151858674
9	0.075787585	23	0.14975599
10	0.084154336	24	0.145667095
11	0.092503817	25	0.139386576
12	0.100834199	26	0.130696902
13	0.109143642	27	0.119365272
14	0.117430258	28	0.105139855
15	0.125692141	29	0.087745398
15.63	0.130883549	30	0.066878043
		31	0.042199362
		32	0.013329382
		32.4	0.00051346138

ประสิทธิภาพทั้งหมด = 0.0528 (ตารางที่ 3.1)

ภาคผนวก ข

การหาประสิทธิภาพจากการทดลอง

จากประสิทธิภาพ $= \frac{\text{จำนวนนับสุทธิทั้งหมดใน 1 หน่วยเวลา}}{\text{อัตราการแผ่รังสีใน 1 หน่วยเวลา} \times f}$

สำหรับซีเซียม-137#50 ที่ระยะทาง 10 ซม. จากหัววัด

จำนวนนับสุทธิทั้งหมดต่อนาที = 82024 cpm

อัตราการแผ่รังสีต่อนาที, $A_t = A_o e^{-\lambda t}$

A_o = อัตราการแผ่รังสีที่กำหนดค่าไว้เดิม

= 1.080 ไมโครคูรี่ เมื่อ 1 มกราคม พ.ศ. 2509

λ = อัตราการสลายตัวมีหน่วยเป็น(ปี)$^{-1}$

$= \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$

เมื่อ $T_{\frac{1}{2}}$ = ชีวิตครึ่งของซีเซียม-137

= 30 ปี

t = เวลาของการสลายตัวจากเวลาที่กำหนดเดิม (1 มกราคม พ.ศ.2509) ถึงเวลาทำการทดลอง (28 ตุลาคม พ.ศ.2520)

= 11.827 ปี

$\therefore A_t = 1.080 e^{-\frac{0.693}{30} \times 11.827}$

= 0.8218 ไมโครคูรี่

จาก 1 ไมโครคูรี่ = 2.22×10^6 dpm

$\therefore A_t = 1.8245 \times 10^6$ dpm

f = จำนวนโฟตอนต่อหนึ่งการสลายตัว

= 84.6 % สำหรับซีเซียม-137

$$\therefore \text{ประสิทธิภาพ} = \frac{82024}{1.8245 \times 10^6 \times 0.846}$$

= 0.0531 (ตารางที่ 3.1)