

บทที่ 7

วิธีการวัดและผลการวัดความแรงสารกัมมันตรังสีเชิงสัมบูรณ์

7.1 วิธีการวัด

การทดลองวัดความแรงสารกัมมันตรังสีแบบเชิงสัมบูรณ์ไม่จำเป็นต้องอาศัย
สารมาตรฐาน แต่ตัวนำมาใช้วัดนี้มีค่าความแรงบ่งไว้สำหรับการหาด้วยวิธีนี้ไม่จำเป็น
ต้องทราบค่าเหล่านี้ แต่ที่นำมาใช้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการตรวจสอบผลในการวัด

7.1.1 เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบซินทิลเลชันมีลึคิชาแนล -128 มี NaI ขนาด
3" x 3" เป็นหัววัด ติดตั้งอยู่ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พปส) วิธีการวัด
จะต้อนำสารกัมมันตรังสีไปวางไว้ที่ที่วางสาร ซึ่งสามารถปรับระยะจากแนวแกนกลาง
ของหัววัดเป็นระยะทางที่ต้องการ ทั้งหมดนี้จะต้องถูกล้อมรอบด้วยแท่งตะกั่วกันเป็นห้อง
ส่วนบนสามารถเปิดปิดได้เพื่อสะดวกในการนำสารไปวาง

7.1.2 เวลาที่ใช้ในการวัด สำหรับการทดลองทุกครั้ง เมื่อวางสารกัมมันตรังสีที่
ระยะ 10 เซนติเมตรและ 9 เซนติเมตร ใช้เวลา 10 นาที ที่ระยะ 7 เซนติเมตร
ใช้เวลา 8 นาที สำหรับระยะ 5 เซนติเมตร และระยะ 0.5 เซนติเมตรใช้เวลา
4 นาทีและ 2 นาทีตามลำดับ

7.1.3 ตัวอย่างในการวัด เมื่อทำการวัดจะตั้งเครื่องให้ความตึกคาสูงขนาด 1000
โวลต์ใช้เวลาอุ่นเครื่องนานประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงทำการวัด โดยนำสาร
กัมมันตรังสีซีเซียม -137 ห่างจากหัววัด 10 เซนติเมตร ตั้งเวลา 10 นาที จาก
เครื่องนับของซินทิลเลชันมีลึคิชาแนลจะพิมพ์อัตราการนับต่อเวลาที่ตั้งไว้ออกมา เช่น

010000	000000	000012	000047	003427	009589
0111527	011228	010803	011420	011733	013157
012965	012298	011656	010837	010341	009660
009361	009393	009442	009362	007798	005419
003302	002488	<u>(002002</u>	<u>002856</u>	<u>009193</u>	<u>028102</u>
<u>049755</u>	<u>050075</u>	<u>027990</u>	<u>009001</u>	<u>001873)</u>	<u>000442</u>
000283	000271	000264	00256	

ต่อมา นำสารกัมมันตรังสีออก แล้ววัดโดยตั้งเวลาเท่าเดิมได้อัตราการนับ
ต่อเวลาที่ตั้งไว้เป็น

010000	000000	000000	000009	000770	001447
002394	002279	002041	001979	001719	001644
001613	001453	001306	001106	000972	000918
000779	000650	000592	000548	000470	000505
000512	000455	<u>(000450</u>	<u>000470</u>	<u>000422</u>	<u>000381</u>
<u>000367</u>	<u>000331</u>	<u>000292</u>	<u>000303</u>	<u>000260)</u>	<u>000239</u>

$$\begin{aligned}
 \text{จากสารกัมมันตรังสี} &= 180847 \text{ ใน } 10.33 \text{ นาที} \\
 \text{ภูมิหลัง} &= 3276 \text{ ใน } 10.33 \text{ นาที} \\
 \text{อัตราการนับต่อนาทีของสารกัมมันตรังสีที่เตรียม} &= \frac{(180847 - 3276)}{10.33} \\
 &= 17189 \frac{\text{ครั้ง}}{\text{นาที}}
 \end{aligned}$$

7.2 ค่ายเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation = σ)¹

ตามทฤษฎีการวัดแต่ละครั้งของบอกค่ายเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เนื่องจากสารกัมมันตรังสีเอง แต่ที่ทำการวิจัยเนื่องจากเครื่องวัดนั้นไม่เสถียรพอ อีกทั้งการจัดวางสารขณะทำการทดลองในแต่ละครั้งที่ระยะทางต่าง ๆ อาจคลาดเคลื่อนได้ ขณะทำการวัดบางครั้งคิกคาไฟฟ้าลัดค่า ซึ่งอิทธิพลเหล่านี้ทำให้ค่ายเบี่ยงเบนมาตรฐานเนื่องจากสารกัมมันตรังสีไข่มุ่ได้ ต้องคิดค่ายเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดลองแทน

กึ่งสูตร

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\bar{n} - n_i)^2}$$

N = จำนวนครั้งที่ทำการวัด

n_i = จำนวนที่วัดได้ในแต่ละครั้ง

\bar{n} = ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง

$$= \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N}$$

7.3 วิธีหาความแรงของสารกัมมันตรังสีที่เวลาตั้งต้น²

สำหรับการทดลองวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีขณะใดขณะหนึ่ง อาจสามารถคำนวณย้อนหลังหาความแรงของสารกัมมันตรังสี ซึ่งมีค่าแสดงความแรงไว้ที่ตัวสารที่วัดไว้ในครั้งนั้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจผลที่ทำการวัดตามสูตร

¹Wilfrid B. Mann and S.B. Garfinkel Radioactivity and Its Measurement (New Jersey: Van Nostrand Company, Inc., 1966.) P. 155

²D. Halliday, Introductory Nuclear Physics. (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1955), P. 66.

$$A = A_0 \exp(-\lambda t)$$

A = ความแรงของสารกัมมันตรังสีที่เวลาปัจจุบัน

A_0 = ความแรงของสารกัมมันตรังสีที่เวลาดังต้น

λ = ค่าคงตัวการสลาย (decay constant)

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

$T_{1/2}$ = ครึ่งชีวิตของสารกัมมันตรังสี

7.4 ผลการวัดสารกัมมันตรังสีซีเซียม -137

7.4.1 ซีเซียม -137 หมายเลข 51 (1-1-66) หมายถึงสารกัมมันตรังสีซีเซียม หมายเลข 51 มีความแรงกำหนดไว้โดย IAEA เท่ากับ 1.042 ไมโครคูรี³ วัดเมื่อวันที่ 4 มกราคม ค.ศ. 1966



³International Atomic Energy Agency Laboratories,
1966 Calibrated Gamma - sources and γ -Emission Data: Vienna

ตารางที่ 7.1

แสดงผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีซีเซียม - 137 หมายเลข 51
โดยใช้ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากตารางและขณะทำการทดลอง
มีภูมิหลังอยู่ในช่วง 300-320 ครั้งต่อนาที

ระยะทาง (ซม.)	10 ซ.ม.	9 ซ.ม.	7 ซ.ม.	5 ซ.ม.
อัตราการนับ ต่อนาที ครั้งที่ 1	16897	19676	27762	43497
อัตราการนับ ต่อนาทีครั้งที่ 2	16742	19690	27757	43773
อัตราการนับ ต่อนาทีครั้งที่ 3	17259	19943	28625	42687
อัตราการนับ ต่อนาทีครั้งที่ 4	17189	20091	28722	42733
อัตราการนับ ต่อนาทีโดย เฉลี่ย $\pm \sigma$	17022 \pm 244	19850 \pm 202	28216 \pm 529	43172 \pm 546
ความแรง(ไม- โครคูรี)เดือน มกราคม 19	0.828 \pm 0.011	0.821 \pm 0.008	0.814 \pm 0.015	0.776 \pm 0.009
ความแรง(ไม- โครคูรี)เดือน มกราคม ๖9	1.045 \pm 0.015	1.036 \pm 0.010	1.028 \pm 0.019	0.980 \pm 0.012

ตารางที่ 7.2

แสดงผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีซีเซียม-137 หมายเลข 51
เช่นเดียวกับตารางที่ 7.1 แต่ใช้ค่าประสิทธิภาพจากการคำนวณ

ระยะ (ซ.ม.)	10	7	5
ความแรง(ไมโครคูรี) เดือนมกราคม 2519	0.805 ± 0.011	0.814 ± 0.015	0.765 ± 0.009
ความแรง(ไมโครคูรี) เดือนมกราคม 2509	1.014 ± 0.013	1.028 ± 0.019	0.963 ± 0.011

7.4.2 ซีเซียม - 137 หมายเลข 50 (1-1-66) หมายถึงสารกัมมันตรังสีซีเซียมหมายเลข 50 ซึ่งมีความแรงกำหนดโดย IAEA 1.080 ไมโครคูรี⁴ วัดเมื่อวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1966 ซีเซียมหมายเลข 50 นี้ เป็นของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

⁴ Ibid.

ตารางที่ 7.3

แสดงผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีซีเซียม-137 หมายเลข 50
โดยใช้ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากตารางที่ 5.3
และขณะทำการทดลอง มีภูมิหลังอยู่ในช่วง 320 - 360 ครั้งต่อนาที

ระยะทาง (ซม.)	10 ซม.	9 ซม.	7 ซม.	5 ซม.
อัตราการนับ ต่อนาทีครั้งที่ 1	17273	20252	28757	45729
อัตราการนับ ต่อนาทีครั้งที่ 2	17588	20578	29499	44299
อัตราการนับ ต่อนาทีโดย เฉลี่ย $\pm \sigma$	17430 \pm 223	20415 \pm 230	29128 \pm 525	45014 \pm 1010
ความแรง (ไมโครคูรี) 1 มกราคม 19	0.848 \pm 0.010	0.844 \pm 0.009	0.841 \pm 0.015	0.810 \pm 0.018
ความแรง (ไมโครคูรี) 1 มกราคม 09	1.070 \pm 0.013	1.065 \pm 0.011	1.061 \pm 0.019	1.021 \pm 0.010

7.4.3 ซีเซียม - 137 ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในห้องทดลองแผนกวิชาฟิสิกส์

ซีเซียม -137 ที่มาจาก Nuclear-Chicago Model SK 1 source kit ใต้แก๊ส

SK1-1 ความแรง 0.05 ไมโครคูรี เป็นรูปเหรียญ

SK1-2 ความแรง 0.5 ไมโครคูรี เป็นรูปเหรียญ

SK1-11 ความแรง 0.05 ไมโครคูรี เป็นรูปทรงกระบอก

SK1-12 ความแรง 0.5 ไมโครคูรี เป็นรูปทรงกระบอก

นอกจากนี้ยังมีซีเซียม -137 หมายเลข 184471 ความแรง 0.1

ไมโครคูรี เป็นรูปเหรียญ ของ Amersham Searle และซีเซียม -137

ที่มีอยู่ที่แผนกไมโครคูรีมาจากไหน เป็นรูปทรงกระบอกสี่เหลี่ยม

ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ นำมาทดลองวัดหาความแรงว่าขณะนี้มีค่าความแรงเป็น

เท่าไร โดยใช้ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากตารางมาคำนวณ และขณะทำการทดลอง

ปรากฏว่าค่าภูมิหลังอยู่ในช่วง 212-366 ครั้งต่อนาที

ตารางที่ 7.4

แสดงผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีซีสม-137

SK 1-1

ระยะทาง (ซม.)	10 ซม.	7 ซม.	5 ซม.	0.5 ซม.
อัตราการนับ คานาที่ครั้งที่ 1	955	1549	2441	11011
อัตราการนับ คานาที่ครั้งที่ 2	992	1457	2289	10929
อัตราการนับ คานาที่โดยเฉลี่ย ± 6	973.5 ± 26	11503 ± 65	2365 ± 107	10970 ± 58
ความแรง (MC)	0.047	0.043	0.042	0.040
เดือนมกราคม ปี 2519	± 0.001	± 0.001	± 0.001	

ตารางที่ 7.5

ผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสี ซีเซียม - 137

SK 1-2

ระยะทาง (ซม.)	10 ซม.	7 ซม.	5 ซม.	0.5 ซม.
อัตราการนับ ตอนที่ครั้งที่ 1	7571	12373	19307	87734
อัตราการนับ ตอนที่ครั้งที่ 2	7619	11372	18161	86414
อัตราการนับ ตอนที่โดย เฉลี่ย \pm ๘	7595 \pm 34	11872.5 \pm 707	18734 \pm 810	87074 \pm 933
ความแรง (μ Ci) เคื่อน มกราคม ปี 2519	0.369 \pm 0.001	0.342 \pm 0.020	0.337 \pm 0.014	0.322 \pm 0.003

ตารางที่ 7.6

ผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีซีสม -137

SK 1-11

ระยะทาง (ซม.)	10 ซ.ม.	7 ซ.ม.	5 ซ.ม.	0.5 ซ.ม.
อัตราการณ์ับ ทอนาทีครั้งที่ 1	402	672	989	3930
อัตราการณ์ับ ทอนาทีครั้งที่ 2	433	615	923	3927
อัตราการนับ ทอนาทีโดย เฉลี่ย $\pm \sigma$	417.5 ± 22	643.5 ± 40	956 ± 47	3928.5 ± 5
ความแรง (μCi) เดือน มกราคม ปี 2519	0.020 ± 0.001	0.018 ± 0.001	0.017	0.014

ตารางที่ 7.7

ผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสี ซีเซียม-137

SK 1-12

ระยะทาง (ซม.)	10 ซ.ม.	7 ซ.ม.	5 ซ.ม.	0.5 ซ.ม.
อัตราการนับ ต่อนาทีครั้งที่ 1	5669	8822	13216	48652
อัตราการนับ ต่อนาทีครั้งที่ 2	5713	8155	12521	48418
อัตราการนับ ต่อนาทีโดย เฉลี่ย ± 5	5691 ± 31	8488.5 ± 471	12868.5 ± 491	48535 ± 165
ความแรง (μCi) เดือน มกราคม ปี 2519	0.277 ± 0.001	0.245 ± 0.013	0.231 ± 0.008	0.179

ตารางที่ 7.8

แสดงผลการวัดความแรงของสารกัมมันต:รังสีซีเซียม-137

หมายเลข 184471

ระยะทาง (ท.ม.)	10 ท.ม.	7 ท.ม.	5 ท.ม.	0.5 ท.ม.
อัตราความนับ ตอนที่ครั้งที่ 1	6395	10510	16638	72284
อัตราความนับ ตอนที่ครั้งที่ 2	6420	9469	15165	71424
อัตราการนับ ตอนที่โดย เฉลี่ย ± 5	6408 ± 18	9989 ± 736	15901 ± 1041	71854 ± 608
ความแรง (μCi) เกือบ มกราคม ปี 2519	0.312	0.288 ± 0.021	0.286 ± 0.018	0.266 ± 0.002

ตารางที่ 7.9

แสดงผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีซีเซียม ^{137}Cs
(หลอกล้อม) ของแผนกวิชาฟิสิกส์

ระยะทาง (ซม.)	10 ซม.	7 ซม.	5 ซม.	0.5 ซม.
อัตราการนับ ตอนที่ครั้งที่ 1	692	1101	1565	6274
อัตราการนับ ตอนที่ครั้งที่ 2	691	1002	1535	6224
อัตราการนับโดยเฉลี่ย ± 5	691.5 ± 0.7	1051.5 ± 70	1550 ± 21	6299 ± 25
ความแรง (MCi) เดือนมกราคม ปี 2519	0.033	0.030 ± 0.002	0.027	0.023

7.5 ผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีโซเดียม -22

7.5.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีโซเดียม -22 เนื่องจากสารกัมมันตรังสีนี้มีการสลายตัวแบบเบตาบวก และการจับอิเล็กตรอน (electron capture) เกิดไอออน -22 โดยให้พลังงานรังสีแกมมา 1.274 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ มีความเข้มร้อยละ 99.94⁵ และพลังงาน 0.511 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ มีความเข้มร้อยละ 179.7 ± 0.8⁶ ดังนั้น เวลาทำการวัด จะวัดความแรงเนื่องจากพลังงานรังสีแกมมาทั้งสอง โดยที่สารกัมมันตรังสีมีครึ่งชีวิต = 2.62 ± 0.02 ปี⁷

7.5.2 สูตรหาความแรงของสารกัมมันตรังสีโซเดียม -22

7.5.2.1 สูตรหาความแรงของโซเดียม -22 สำหรับยอดที่ 1 คือที่พลังงาน 0.511 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ โดยใช้สมการ (5.11.1) และค่าประสิทธิภาพเฉพาะยอดจากร่างที่ 5.3 และค่า K = 17977
 ความแรงเนื่องจากยอดที่ 1 = $\frac{\text{อัตราการนับตอนาที} \times 100}{22.2 \times 10^5 \times 17977 \times \text{ประสิทธิภาพเฉพาะยอด}}$
 (ไมโครคูรี)

7.5.2.2 สูตรหาความแรงของโซเดียม -22 สำหรับยอดที่ 2 คือที่พลังงาน 1.274 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ โดยใช้สมการ (5.11.1) และค่าประสิทธิภาพเฉพาะยอดจากร่างที่ 5.3 และค่า K = 0.9994
 ความแรงเนื่องจากยอดที่ 2 = $\frac{\text{อัตราการนับตอนาที} \times 100}{22.2 \times 10^5 \times 0.9994 \times \text{ประสิทธิภาพเฉพาะยอด}}$
 (ไมโครคูรี)

5,6,7 International Atomic Energy Agency Laboratories.

1966 Calibrated Gamma sources and γ -Emission Data : Vienna.

7.5.3 โซเดียม -22 หมายเลข 51 (1-1-66) หมายถึง สารกัมมันตรังสี
โซเดียม - 22 หมายเลข 51 ซึ่งมีความแรงกำหนดโดย IAEA 0.550 ไมโครคูรี
วัดเมื่อวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1966

วัดความแรงของสารกัมมันตรังสีโซเดียมที่ระยะ 10 เซนติเมตร ขณะทำ
การทดลองปรากฏว่ามีภูมิหลัง 300-360 และ 93-120 ครั้งต่อนาที สำหรับยอด
ที่ 1 และยอดที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 7:10

แสดงผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีโซเดียม -22 หมายเลข
โดยใช้ค่าประสิทธิภาพจากตาราง ดูจากตารางที่ 5.3 วัดระยะที่ 10 เซนติเมตร

อัตราการนับต่อนาที	- ยอดที่ 1 (0.511ล้านอิเล็กตรอนโวลต์)	ยอดที่ 2 (1.274ล้านอิเล็กตรอนโวลต์)
ครั้งที่ 1	2207	485
ครั้งที่ 2	2242	491
ครั้งที่ 3	2212	484
ครั้งที่ 4	2248	501
การนับอัตราต่อนาที โดยเฉลี่ย ± 1	2227.2 ± 21	490.2 ± 8
ความแรง(ไมโครคูรี) เดือนมกราคม 19	0.039 ± 0.0004	0.039 ± 0.0006
ความแรง(ไมโครคูรี) เดือน มกราคม 09	0.560 ± 0.005	0.560 ± 0.008

ตารางที่ 7-11

แสดงผลการวัดความแรงของสารกัมมันตรังสีซีเคียม - 22 หมายเลข 51
 ทำนองเดียวกับตารางที่ 7-10 แต่ใช้ค่าประสิทธิภาพจากการคำนวณจาก
 ตารางที่ 5.3

	ยอดที่ 1 (0.511 ล้านอิเล็กตรอน- โวลต)	ยอดที่ 2 (1.274 ล้านอิเล็กตรอน- โวลต)
ความแรง(ไมโครคูรี) เมื่อเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2519	0.041	0.039
ความแรง(ไมโครคูรี) เมื่อเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2519	0.574	0.560