บทที่ 3

วิธีการทำวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

ในการหาปริมาณความเข้มข้นของเรดอนครั้งนี้ใช้เครื่องมือ และสารเคมีเพื่อประกอบการวิจัยดังนี้ คือ

ก. เครื่องมือวัดรังสีแบบไกเกอร์

ข. เครื่องสูบอากาศ และกระดาษกรอง

ค. เครื่องวัดอัตราการดูดอากาศ

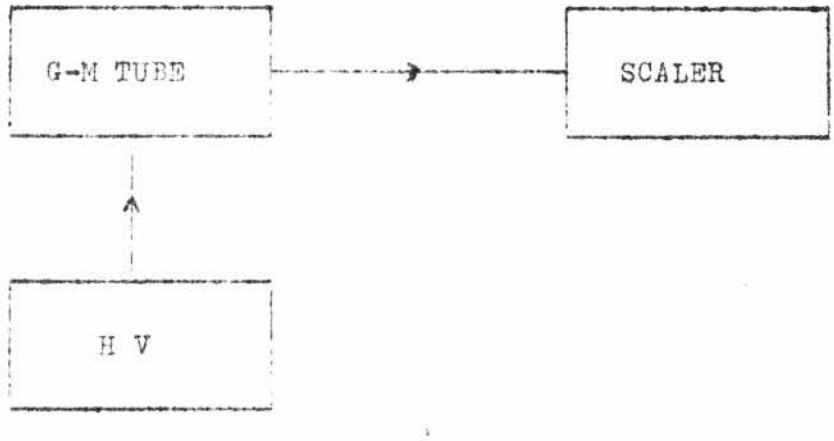
ง. สารมาตรฐานที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดรังสี

จ. ตัวอย่าง

3.1.1 เครื่องวัดรังสีแบบไกเกอร์

เครื่องมือวัดรังสีแบบนี้ประกอบด้วย หัววัดซึ่งเป็นหลอดซึ่งบรรจุก๊าซผสมเอาไว้ ภายในหลอดจะมีขั้วไฟฟ้า ขั้วหนึ่งทำเป็นลวดเส้นเล็ก ๆ ให้อยู่ตรงกลางตามความยาวของหลอด อีกขั้วหนึ่งคือตัวหลอดซึ่งทำด้วยโลหะ และมีไฟฟ้าศักย์สูง เลี้ยงอยู่ตลอดเวลาที่เครื่องกำลังทำงาน จากหัววัดจะต่อไปเข้าเครื่องนับ ดังแผนภาพรูปที่(3 – 1)

รูปที่ (3 – 1) แสดงแผนภาพของเครื่องวัดรังสีแบบไกเกอร์



การทำงานของเครื่องมือชนิดนี้ คือเมื่อมีรังสีวิ่งเข้ามาในหลอดมันจะชนอะตอมของกาซที่บรรจุอยู่ภายในหลอดให้แตกตัวเป็นประจุไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าจะวิ่งภายใต้สนามไฟฟ้าไปยังขั้วไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไหลขึ้นในวงจรครั้งหนึ่ง เป็นสัญญาณไฟฟ้า (pulse) ต่อจากนั้นสัญญาณไฟฟ้าจะถูกส่งไปยังเครื่องนับ เพื่อนับว่ามีจำนวนครั้งที่แตกตัวเท่าไร ก็จะหรายว่ามีรังสีเข้ามาในหลอดกี่ตัว

3.1.2 <u>เครื่องสูบอากาศ และกระดาษกรอง</u>

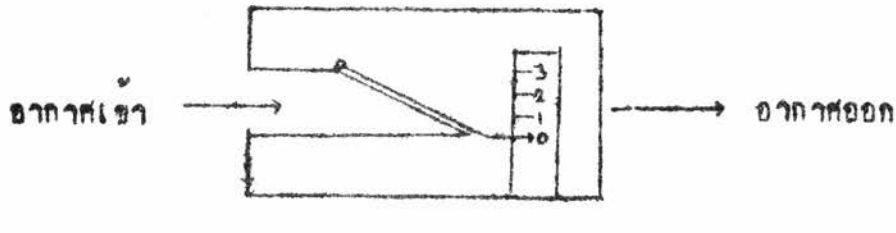
เป็นเครื่องสูบอากาศชนิดดูดอากาศได้ด้วยอัตราปริมาตรสูง เป็นเครื่องสูบของบริษัท The Staplex Co. มีหน้าตัดของอากาศที่ไหลเข้ารูปวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.62 เซนติเมตร และสูบได้ด้วยอัตรา 40 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที หรือ 3.13 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

ส่วนกระดาษกรองเป็นของบริษัทเดียวกับเครื่องสูบอากาศ ประกอบด้วยเส้นใยละเอียดอัดกันแน่น เป็นแผ่นกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร เมื่อประกอบเข้ากับเครื่องสูบจะอยู่ส่วนหน้าสุดของเครื่อง

3.1.3 <u>เครื่องวัดอัตราการดูดของอากาศ</u>

ตามปกติเครื่องสูบอากาศตามข้อ 3.1.2 จะมีเครื่องวัดอัตราการดูดอากาศติดอยู่ด้านหลังเสมอ แต่เนื่องจากเครื่องวัดดังกล่าวชำรุด จึงต้องใช้เครื่องวัดอัตราดูดของอากาศจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ซึ่งมีลักษณะหยาบ ๆ ตามแผนภาพรูปที่ (3 – 2)

<u>รูปที่</u> (3 – 2) แสดงแผนภาพของเครื่องวัดอัตราดูดของเครื่องสูบอากาศ



การทำงาน เมื่อนำเครื่องสูบอากาศประกอบเข้าทางด้านหลังของเครื่องวัดแล้ว เปิดเครื่องอากาศจะผ่านเข้าทางท่อกลวงด้านหน้า ไปดันลิ้นโลหะให้กระดกขึ้นมากน้อยตามขนาดของอากาศที่ผ่านเข้าไป ถ้าอัตราการผ่านของอากาศมาก ลิ้นก็จะกระดกขึ้นสูง ที่ปลายของลิ้นโลหะจะมีเข็มติดไว้ เพื่อชี้ตัวเลขแสดงอัตราการดูดบนมาตราส่วน

3.1.4 สารมาตรฐานที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดรังสี

ในการวัดรังสีด้วยเครื่องมือดังกล่าว ผลที่ออกมาเป็นจำนวนนับ (count) ทำให้เป็นอัตราจำนวนนับ (count rate) ได้ เมื่อทราบว่าการวัดกินเวลาเท่าไร เมื่อต้องการแปลงให้เป็นอัตราการแผ่กัมมันตภาพรังสี เราต้องหาประสิทธิภาพ (efficiency) ของเครื่องมือวัดรังสีเสียก่อน โดยใช้ความสัมพันธ์

$$E = \frac{cpm}{dpm} \times 100$$

E = ประสิทธิภาพของเครื่องวัดรังสีคิดเป็นร้อยละ

cpm = อัตราจำนวนนับ (count per minute)

dpm = อัตราการสลายตัว (disintegretion per minute)

สารมาตรฐานที่เราหาม อัตราการแผ่กัมมันตภาพรังสีของมัน ยาะให้รังสีบีตา ก็คือโปแตสเซียม -40 (K -40) ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ 0.012 เปอร์เซนต์ของโปแตสเซียมทั่วไป แต่เนื่องจากเราหาโปแตสเซียมที่เป็นธาตุไม่ได้ จึงต้องใช้สารประกอบของมันคือ โปแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) ซึ่งเป็นสารสีขาว นำมาป่นให้ละเอียดหนักประมาณ 0.5 กรัม K -40 มีเวลาครึ่งชีวิต 1.3×10^9 ปี

3.1.5 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่นำมาวัดรังสีก็คือกระดาษกรองที่มีอนุภาคกัมมันตรังสีติดอยู่ หลังจากดูดอากาศผ่านแล้ว แต่เนื่องจากจะใช้วัดทั้งแผ่นไม่ได้ เพราะหัววัดมีพื้นที่หน้าต่างจำกัด จึงต้องใช้ตัดเอาส่วนตรงกลางของกระดาษกรองเป็นรูปวงกลมขนาดเท่ากับช่องหัววัดรังสี ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.98 เซนติเมตร

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 การดูดอากาศ

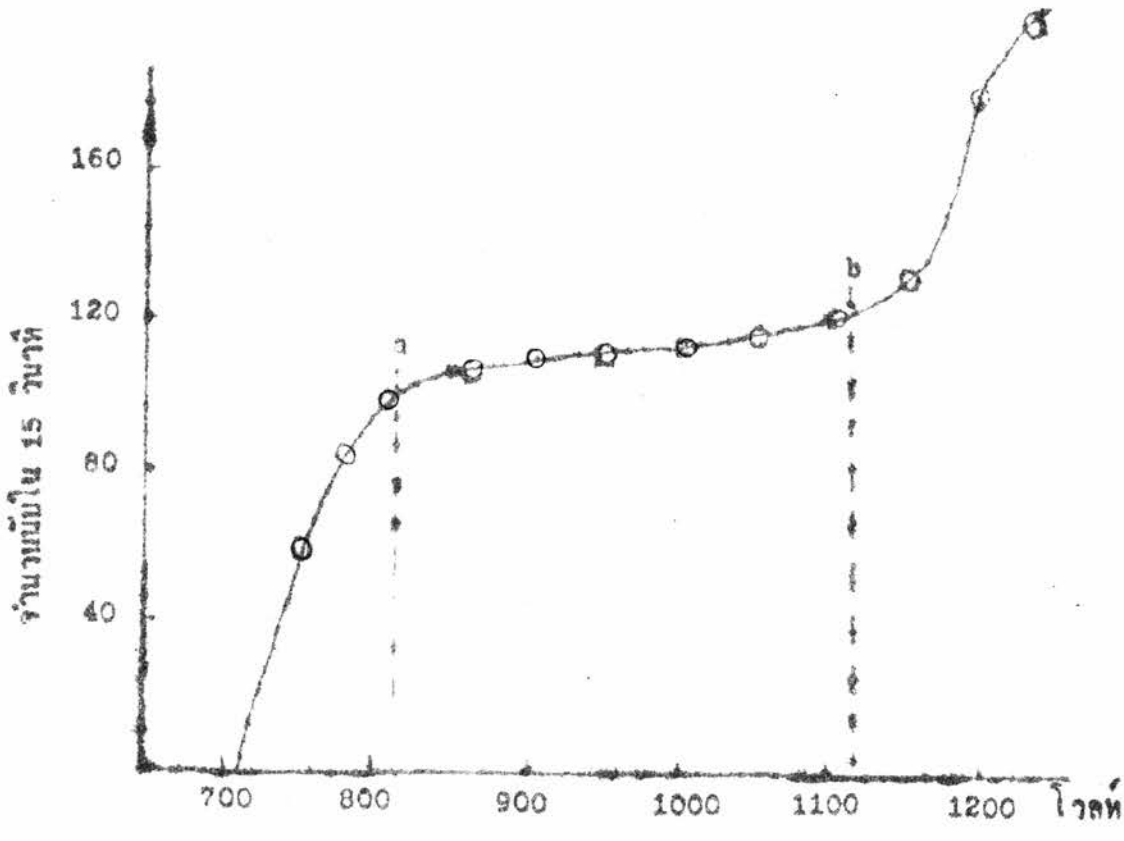
ประกอบกระดาษกรอง 1 แผ่น เข้ากับเครื่องสูบอากาศ เปิดเครื่องเพื่อทำการดูดอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สำหรับกลางแจ้งปกติเปิดเครื่องเวลา 9.30 น. เป็นต้นไป ส่วนมากเป็นวันอังคาร และวันพฤหัสบดี ส่วนในห้องปิดจะเปิดเวลาประมาณ 10.30 น. ของวันจันทร์ หรือวันอังคาร

เมื่อได้กระดาษกรองที่ดูดอากาศผ่าน 1 ชั่วโมง มาแล้วนำมาตัดเป็นรูปวงกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4.98 เซนติเมตร การตัดต้องระวังไม่ให้อนุภาคที่ติดบนกระดาษกรองหลุดหายไป

3.2.2 การวัดรังสี

ก่อนที่จะนำเอาตัวอย่างมาวัด จำต้องหาว่าหัววัดมี Characteristics เป็นอย่างไร วิธีการหาก็โดยเปิดเครื่องวัดรังสีนับปริมาณรังสีจากแหล่งกำเนิดมาตรฐานอันหนึ่ง แล้วเปลี่ยนศักย์ไฟฟ้าที่เลี้ยงหัววัดให้มีค่าต่าง ๆ จากต่ำสุดขึ้นไปเรื่อย ๆ เปลี่ยนจำนวนนับเป็นอัตราจำนวนนับ แล้วนำไปเขียนกราฟระหว่างศักย์ไฟฟ้า กับอัตราจำนวนนับก็จะได้กราฟลักษณะตามรูปที่ (3 - 3)

รูปที่ (3 - 3) แสดง Characteristic curve ของหัววัด



จากกราฟโค้งระหว่าง a กับ b เป็นโค้งที่เกือบขนานกับแกนนอน เรียกช่วงนี้ว่า "Plateau" ซึ่งเป็นขอบเขตที่หัววัดนี้ใช้ได้ เพื่อความเหมาะสมได้เลือกเอาศักย์ไฟฟ้า 1,000 โวลท์ เป็นศักย์ใช้งาน ดังนั้นทุกครั้งที่ทำการวัดรังสีจึงใช้ศักย์ไฟฟ้า 1,000 โวลท์ โดยเปิดเครื่องไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงวัดแบคกราวนด์ ต่อจากนั้นจึงทำการวัดรังสีของตัวอย่าง การวัดรังสีของตัวอย่างใช้เวลาวัด 5 นาที แล้วหยุด 1 นาที จึงวัดต่อไปอีก 5 นาที แล้วหยุด 1 นาที ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ประมาณ 50 - 60 นาที ค่าที่วัดได้จะเป็นจำนวนนับ หลังจากหักแบคกราวนด์ออกแล้ว คิดเป็นอัตราจำนวนนับ โดยเอา 5 ไปหาร ดังตัวอย่างการวัดรังสีเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 ในตารางที่ (3 - 1)

ตารางที่ (3 - 1) แสดงการวัดรังสีของก้อนย่าง

วันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 เริ่มสูบอากาศเวลา 9.33 น.หยุดเวลา 11.33 น.

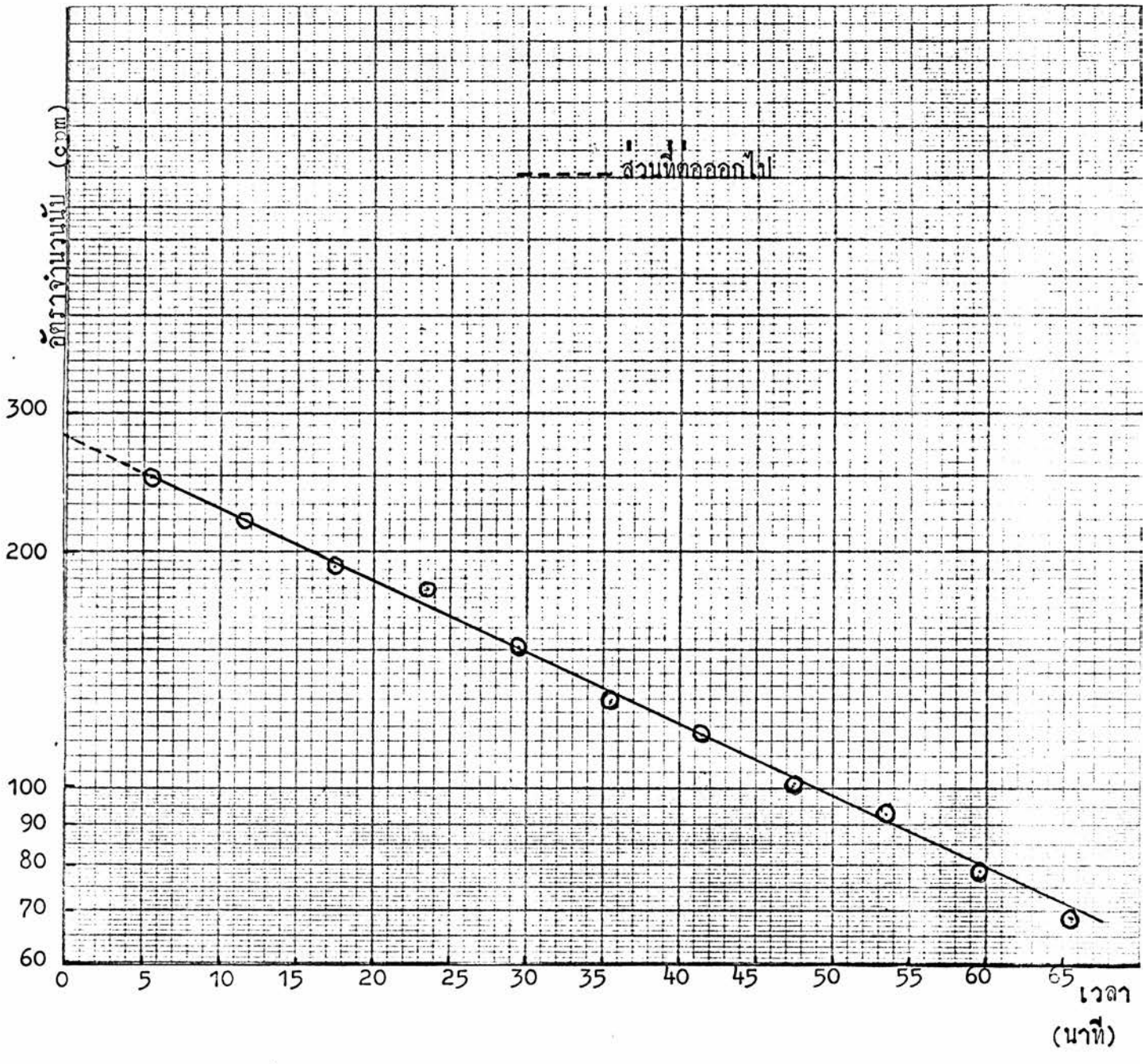
เวลาคิดจากปิดเครื่องสูบ	เวลา	จำนวนนับใน 5 นาที	จำนวนนับสุทธิใน 5 นาที	อัตราจำนวนนับ (cpm)
5.5	10.36 - 10.41	1326	1224	244.8
11.5	10.42 - 10.47	1194	1092	218.4
17.5	10.48 - 10.53	1054	952	190.4
23.5	10.54 - 10.59	993	891	178.2
29.5	11.00 - 11.05	891	789	157.8
35.5	11.06 - 11.11	853	751	150.2
41.5	11.12 - 11.17	750	648	129.6
47.5	11.18 - 11.23	689	587	117.4
53.5	11.24 - 11.29	606	504	100.8
59.5	11.30 - 11.35	573	471	94.2
65.5	11.36 - 11.41	494	392	78.4
71.5	11.42 - 11.47	443	341	68.2

แบคกราวนด์ 102 (5 นาที)

3.2.3 การหาอัตราจำนวนนับ ณ เวลาปิดเครื่องสูบอากาศ

ตามปกติเมื่อปิดเครื่องสูบอากาศ เราต้องเสียเวลาในการเปิดเอากระดาษกรองออกจากเครื่องสูบอากาศ และเสียเวลาจากการคัดกระดาษกรอง เมื่อนำกระดาษกรองไปวัดรังสีก็แสดงว่าขณะที่วัดรังสีนั้น เป็นกัมมันตภาพรังสีที่เกิดจากการสลายตัวของอนุภาคบนกระดาษกรองหลังจากปิดเครื่องสูบอากาศแล้ว แต่ตามหฤษฎีนั้นสมการที่สร้างขึ้นมานั้นคิดเมื่อกำลังสูบอากาศอยู่ หรือ ณ จุดที่ปิดเครื่องสูบอากาศพอดี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาอัตราจำนวนนับ ณ เวลาปิดเครื่องสูบอากาศ วิธีการที่ดีที่สุดในการหาก็คือการต่อเส้นกราฟ (Extrapolate) กลับไปยังเวลาปิดเครื่องสูบอากาศ ตัวอย่างการหาอัตราจำนวนนับ ณ เวลาปิดเครื่องสูบ ของวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 โดยอาศัยข้อมูลจากตารางที่ (3 – 1) ดังแสดงไว้ในรูปที่ (3 – 4)

รูปที่ (3-4) แสดงการหาอัตราจำนวนนับ ณ เวลาปิดเครื่องสูบอากาศ



ณ เวลาปิดเครื่องสูบอากาศ ได้อัตราจำนวนนับเป็น 280 cpm

จากการดำเนินการตามข้อ 3.2.1, 3.2.2, และ 3.2.3 ได้ข้อมูลดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ (3-2), (3-3) และ (3-4)

ตารางที่ (3-2) แสดงอัตราจำนวนนับ ณ เวลาปิดเครื่องสูบสำหรับกลางแจ้ง

วัน เดือน ปี	cpm	วัน เดือน ปี	cpm	วัน เดือน ปี	cpm
11 ก.ค. 17	80	8 ก.ค. 17	56	26 ธ.ค. 17	280
18 "	60	10 "	51	2 ม.ค. 18	170
25 "	50	15 "	53	7 "	590
30 "	65	22 "	73	14 "	615
6 ส.ค. 17	115	24 "	71	16 "	780
8 "	87	29 "	80	21 "	350
13 "	108	31 "	122	23 "	370
20 "	173	5 พ.ย. 17	260	28 "	240
22 "	66	7 "	280	30 "	715
27 "	51	14 "	415	4 ก.พ. 18	90
3 ก.ย. 17	58	19 "	410	6 "	72
5 "	93	21 "	280	11 "	200
10 "	72	26 "	355	13 "	196
12 "	160	28 "	385	16 "	200
17 "	168	3 ธ.ค. 17	280	20 "	400
19 "	140	12 "	210	27 "	53
24 "	60	17 "	415	4 มี.ค. 18	65
26 "	57	19 "	336	6 "	57
3 ต.ค. 17	59	24 "	326		

ตารางที่ (3-3) แสดงอัตราจำนวนนับ ณ เวลาปิดเครื่องสูบ สำหรับห้องประชุม

วัน เดือน ปี	cpm	วัน เดือน ปี	cpm	วัน เดือน ปี	cpm
6 ส.ค. 17	350	14 ก.ค. 17	335	23 ธ.ค. 17	395
13 "	360	21 "	380	27 "	450
19 "	290	28 "	360	6 ม.ค. 18	500
26 "	235	5 พ.ย. 17	380	13 "	480
2 ก.ย. 17	240	14 "	430	20 "	485
9 "	265	18 "	450	27 "	525
16 "	390	25 "	475	3 ก.พ. 18	490
23 "	350	2 ธ.ค. 17	395	10 "	375
30 "	234	12 "	385	18 "	380
7 ต.ค. 17	355	16 "	400	24 "	385

ตารางที่ (3-4) แสดงอัตราจำนวนนับ ณ เวลาปิดเครื่องสูบ สำหรับห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์

วัน เดือน ปี	cpm	วัน เดือน ปี	cpm	วัน เดือน ปี	cpm
5 ส.ค. 17	1300	15 ต.ค. 17	2000	24 ธ.ค. 17	1750
13 "	1350	22 "	1400	2 ม.ค. 18	2400
20 "	1500	29 "	1650	13 "	2100
27 "	1700	5 พ.ย. 17	1250	21 "	1900
3 ก.ย. 17	1750	14 "	1700	28 "	1550
10 "	1600	19 "	2100	4 ก.พ. 18	1850
17 "	1550	26 "	2000	11 "	1400
24 "	1800	3 ธ.ค. 17	2000	18 "	1450
3 ต.ค. 17	1950	12 "	1900	24 "	1400
10 "	1900	17 "	2300		

3.3 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดรังสี

ใช้โปแตสเซียมคลอไรด์ปั่นละเอียด หนัก 0.5 กรัม เป็นสารมาตรฐานบรรจุในถาดพลาสติกขนาดเท่ากระดาษกรองที่ตัดเป็นตัวอย่าง คือ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4.98 เซนติเมตร เกลี่ยผงโปแตสเซียมคลอไรด์ให้ผิวหน้าเรียบเสมอกัน นำไปวัดรังสี โดยจัดให้ผิวหน้าของสารสูงเท่ากับผิวหน้าของกระดาษกรอง เมื่อวางในช่องวัดรังสี ผลที่ได้เมื่อหักแบคกราวน์ออกมาแล้ว คิดเป็นอัตราจำนวนนับ ได้ดังนี้

อัตราจำนวนนับ = 20.6 cpm.

การหาอัตราการแยกัมมันตภาพรังสีของ K-40 หาได้ดังนี้

$$\text{กัมมันตภาพรังสี} = \frac{dN}{dt} = \lambda N$$

λ = ค่าคงที่ของการสลายตัวของ K-40

$$= \frac{0.693}{T} \quad (T = \text{เวลาครึ่งชีวิตของ K-40} = 1.3 \times 10^9 \text{ ปี})$$

N = จำนวนอะตอมของ K-40 ที่อยู่ในโปแตสเซียมคลอไรด์

$$= \frac{0.5 \times 39.1 \times 0.012 \times 6.02 \times 10^{23}}{(39.1 + 35.5) \times 100 \times 40}$$

$$= 4.73 \times 10^{17} \text{ อะตอม}$$

$$\text{กัมมันตภาพรังสี} = \frac{0.693 \times 4.73 \times 10^{17}}{1.3 \times 10^9 \times 365 \times 24 \times 60}$$

$$= 474 \text{ dpm.}$$

$$\text{ประสิทธิภาพ } E = \frac{20.6}{474} \times 100 = 4.4\ \%$$