บทที่ 3

ภาคปฏิบัติและผลการวิจัย

ในการปฏิบัติ เราแบ่งเป็นสองตอน คือ

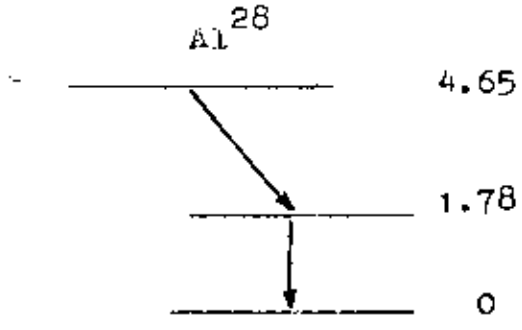
ตอนที่ 1 ปริมาณวิเคราะห์ (Quantitative Analysis)
มีการหาปริมาณของ Al^{27}, K^{41}, Na^{23} และ Mn^{55} ในดิน

ตอนที่ 2 คุณภาพวิเคราะห์ (Qualitative Analysis)
มี
- การวิเคราะห์หา Hf^{178} ใน Zirconium nitrate
- การวิเคราะห์หา Ag^{109} ในทองเปลวและทองรูปพรรณ
- การวิเคราะห์หา Mn^{55}, A^{40}, Al^{27} และ Si^{28} ในแร่

ตอนที่ 1 ปริมาณวิเคราะห์โดยวิธีเปรียบเทียบ

3.1 การหาปริมาณของ Al^{27} ในดิน

ในดินมี Al^{27} อยู่บ้าง เมื่อ Al^{27} ทำปฏิกริยานิวเคลียร์กับนิวตรอนช้า (Slow neutron) แล้วจะกลายเป็น Al^{28} ซึ่งให้เวลาครึ่งชีวิต 2.3 นาที และจะสลายตัวให้อนุภาคบีตา มีพลังงาน 2.87 Mev กับรังสีแกมม่า (γ -rays) ด้วยพลังงาน 1.76 Mev เพราะฉะนั้น disintegration energy จึงเท่ากับ 4.65 Mev Decay scheme ของ Al^{28} แสดงไว้ในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 Decay scheme[2] ของ Al^{28}

เพื่อให้แน่ใจว่าในดินมี Al^{27} จริงต้องทำการทดสอบหา Al^{27} เสียก่อน โดย

1. เอาดินอาบนิวตรอนแล้วนำมานับ 30 วินาที รอระหว่างนับ 30 วินาที จนกระทั่งเกือบถึงหรือถึง background count แล้วนำไป plot ในกระดาษ Semi - log จากกราฟหาเวลาครึ่งชีวิตได้ 2.3 นาที

2. เอาแคดเมียมหุ้มสารตัวอย่างแล้วทำเหมือนข้อ 1 เพื่อตรวจดูว่าในดินจะมี Si^{28} หรือไม่ เพราะเมื่อ Si^{28} ทำปฏิกริยากับนิวตรอนเร็วแล้วจะได้ Al^{28} [Si^{28} (n,p) Al^{28}] ในทางปฏิบัติจะเห็นว่า Al^{28} ที่เกิดจาก Si^{28} มีน้อยมาก จึงไม่เป็นอุปสรรคในการหาปริมาณของ Al^{27} ในดิน

การปฏิบัติเรานับด้วย G.M. และ Single channel pulse height analyser แต่ส่วนมากเราใช้ Single channel pulse height analyser โดยให้นับแบบ differential ที่ energy peak ของ Al^{28} สารตัวอย่างที่ใช้คือดิน ส่วนสารมาตรฐานใช้ Al_2O_3 (ชนิด Anhydrous) ใส่สารตัวอย่างไว้ในขวดปลาสติก (vial) เล็ก ๆ ทำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานไปอาบนิวตรอนทาง Pneumatic System พร้อม ๆ กันด้วยเวลาประมาณ 2 วินาที ถึง 10 วินาที (กำลังของ Reactor 500 Kw - 1000 Kw) แล้วนำสารตัวอย่างที่เป็นดินนับก่อนโดยนับ 30 วินาที รอ 60 วินาที ระหว่างที่รอก็นับ Al_2O_3 ทำสลับกันอย่างนี้จนเกือบถึง background ต่อไปก็นำมา plot ในกระดาษ Semi-log และแก้เนื่องจาก Interference เฉพาะในกรณีที่นับด้วย G.M. counter ในที่สุดจะได้ดังภาพที่ 3.2

จากภาพที่ 3.2 เส้น AB ลากในแนวดิ่งให้ตัดกราฟทั้งสอง C_1 และ C_2 จะเป็น count ที่นับได้ เนื่องจากสารมาตรฐานและสารตัวอย่างในเวลาพร้อมๆกัน

ตัวอย่าง

ดินเกษตร Lab No. 5627
เครื่องปฏิมากรณ์นิวเคลียร์ทำงานที่ 500 Kw
เวลาที่ใช้อาบนิวตรอน 5 วินาที
น้ำหนักของดิน 0.3523 กรัม
น้ำหนักของ Al_2O_3 0.0621 กรัม

ตาราง 3.1 แสดง Counts/30 sec ณ เวลาต่าง ๆ

ตาราง 3.1

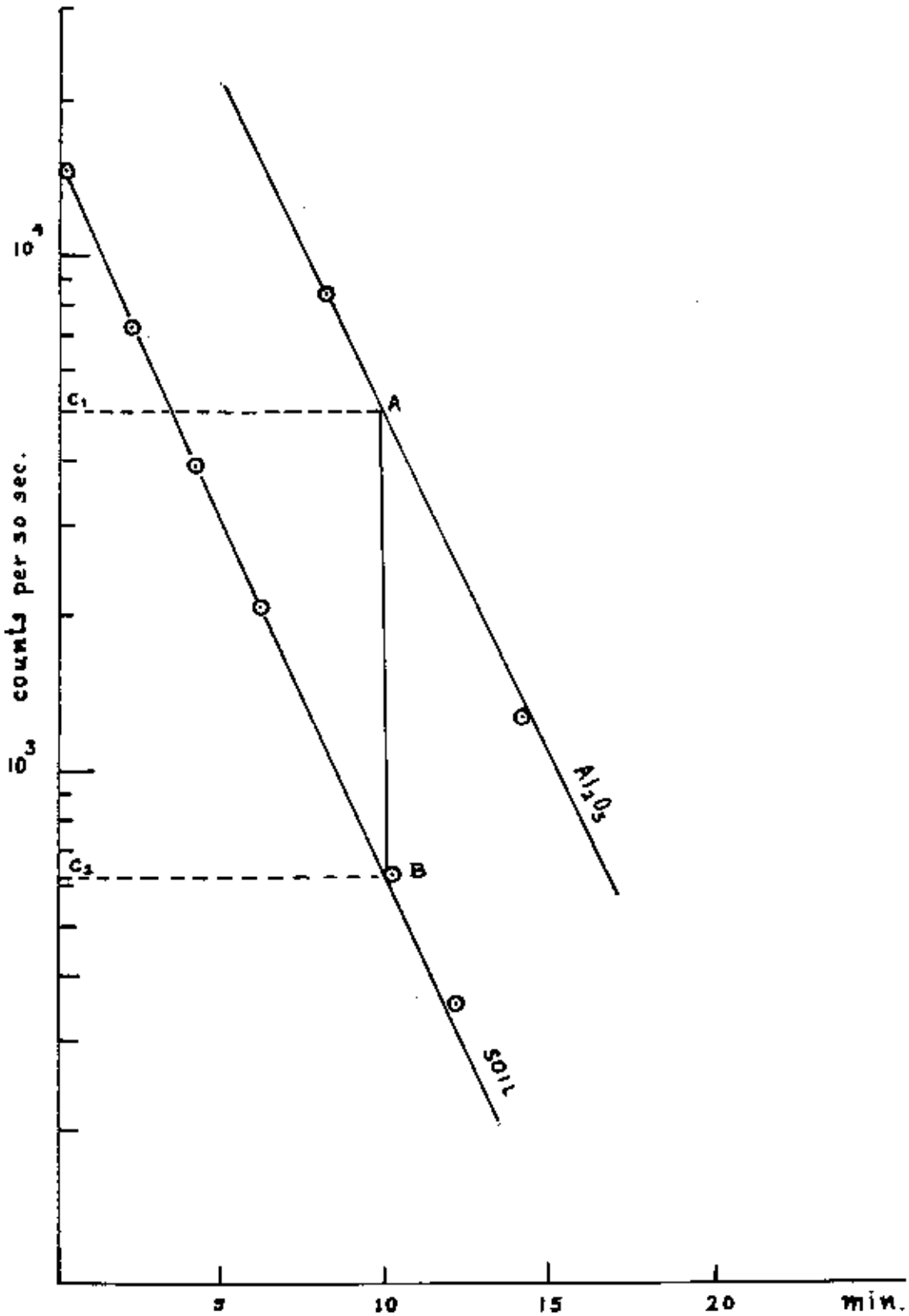
เวลา (นาฬิกา)	Count per 30 sec.		หมายเหตุ
	ดิน	Al_2O_3	
9.43	14610	-	1. ใช้ Single channel pulse height analyser ให้ background น้อยมาก
9.45	7397	-	
9.47	3919	-	
9.49	2088	-	
9.51	-	8583	2. Al_2O_3 บริสุทธิ์มากนับเพียง 2-3 ครั้งก็ให้เวลาครึ่งชีวิต 2.3 นาที
9.53	623	-	
9.55	357	-	
9.57	-	1269	
9.59	117		
10.01	78		
10.03	44		

คำนวณ

น้ำหนักอะตอมของ Al^{27} = 27 , O = 16

$$\frac{\text{count rate ของ } Al^{28} \text{ ใน } Al_2O_3}{\text{count rate ของ } Al^{28} \text{ ในดิน}} = \frac{\text{น้ำหนักของ } Al^{27} \text{ ใน } Al_2O_3}{\text{น้ำหนักของ } Al^{27} \text{ ในดิน}}$$

จากภาพที่ 3.2 ได้



ภาพที่ 3.2 กราฟระหว่าง count rate กับเวลา

$$\frac{\text{5000 counts/30 sec}}{\text{620 counts/30 sec}} = \frac{\frac{54}{102} \times 0.0621}{\text{น้ำหนักของ } Al^{27} \text{ ในดิน}} \text{ กรัม}$$

น้ำหนักของ Al^{27} ในดิน $= 0.401 \times 10^{-2}$ กรัม

ในดิน 0.3523 กรัม มี $Al^{27} = 0.401 \times 10^{-2}$ กรัม

" 100 " " $= \frac{0.401 \times 10^{-2} \times 10^{2}}{0.3523}$ กรัม

$= 1.11$ กรัม

ในดิน Lab No. 5627 มี Al^{27} 1.11 % โดยน้ำหนัก

ตาราง3.2

แสดงปริมาณของ Al^{27} ในดิน

ดิน	% Al โดยน้ำหนัก ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	หมายเหตุ
No.1	10.58	11.10	1. ดินNo1-13 เป็นดินอบแห้ง ได้จากริมทางสู่ Reactor Oct. 13,1961
2	9.44	10.12	
3	6.99	6.45	
4	11.90	12.30	
5	3.56	3.42	
6	8.26	7.88	
7	5.62	5.69	
8	5.97	6.02	
9	6.84	6.20	
10	5.80	6.30	
11	6.34	6.38	
12	6.40	6.26	
13	5.44	4.81	
ดินเกษตร No. 5627	1.12	1.19	
5628	2.36	2.15	
5629	1.33	1.50	
5630	1.21	1.11	
5412	1.07	1.23	
ดินสอพอง	0.84	0.86	
ปูนซิเมนต์	1.96	1.85	
ดินจากลพบุรี (ริมคลองชลประทาน)	0.41	0.44	
แป้งมัดหน้า	0.55	0.53	

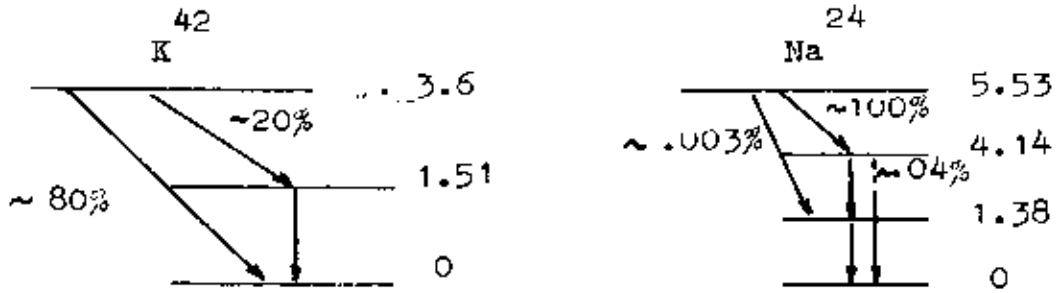
991827

3.2 การหาปริมาณของ K^{41} ในดิน

ในดินมีธาตุ O , Si , Al , Na , K , Mg , Mn , Ca , Mo , Fe และ Zn เป็นส่วนใหญ่ เมื่อเอาดินไปอาบนิวตรอนธาตุเหล่านี้ก็จะกลายเป็น Radioisotope เมื่อปล่อยให้สลายตัว Radioisotope ที่มีเวลาครึ่งชีวิตสั้นก็จะสลายหมดไปก่อน ส่วน Radioisotope ที่มีเวลาครึ่งชีวิตยาวจะสลายตัวช้าและยังคงให้รังสีที่มี Activity สูงอยู่ ในที่นี้เราจะพิจารณา Na^{24} (มีเวลาครึ่งชีวิต 15.0 ชั่วโมง) และ K^{42} (มีเวลาครึ่งชีวิต 12.5 ชั่วโมง) ส่วนธาตุอื่น ๆ นอกจากเหล็ก (Fe^{59} มีเวลาครึ่งชีวิต 45 วัน ให้รังสีมี activity ต่ำมาก) มีเวลาครึ่งชีวิตสั้น เพราะฉะนั้นหลังจากที่อาบนิวตรอน ถ้าปล่อยทิ้งไว้ราว24 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อยก็จะเหลือแต่ Na^{24} และ K^{42}

Na^{24}	ปล่อยอนุภาคบีตามีพลังงาน	1.394	Mev	100 %
	รังสีแกมมา	1.368	Mev	100 %
	รังสีแกมมา	2.754	Mev	100 %
K^{42}	ปล่อยอนุภาคบีตามีพลังงาน	3.55	Mev	82 %
	อนุภาคบีตา	1.99	Mev	18 %
	รังสีแกมมา	1.53	Mev	18 %

ดังแสดงในภาพที่ 3.3 ซึ่งเป็น Decay scheme ของ Na^{24} และ K^{42}



ภาพที่ 3-3 Decay scheme[2] ของ K^{42} และ Na^{24}

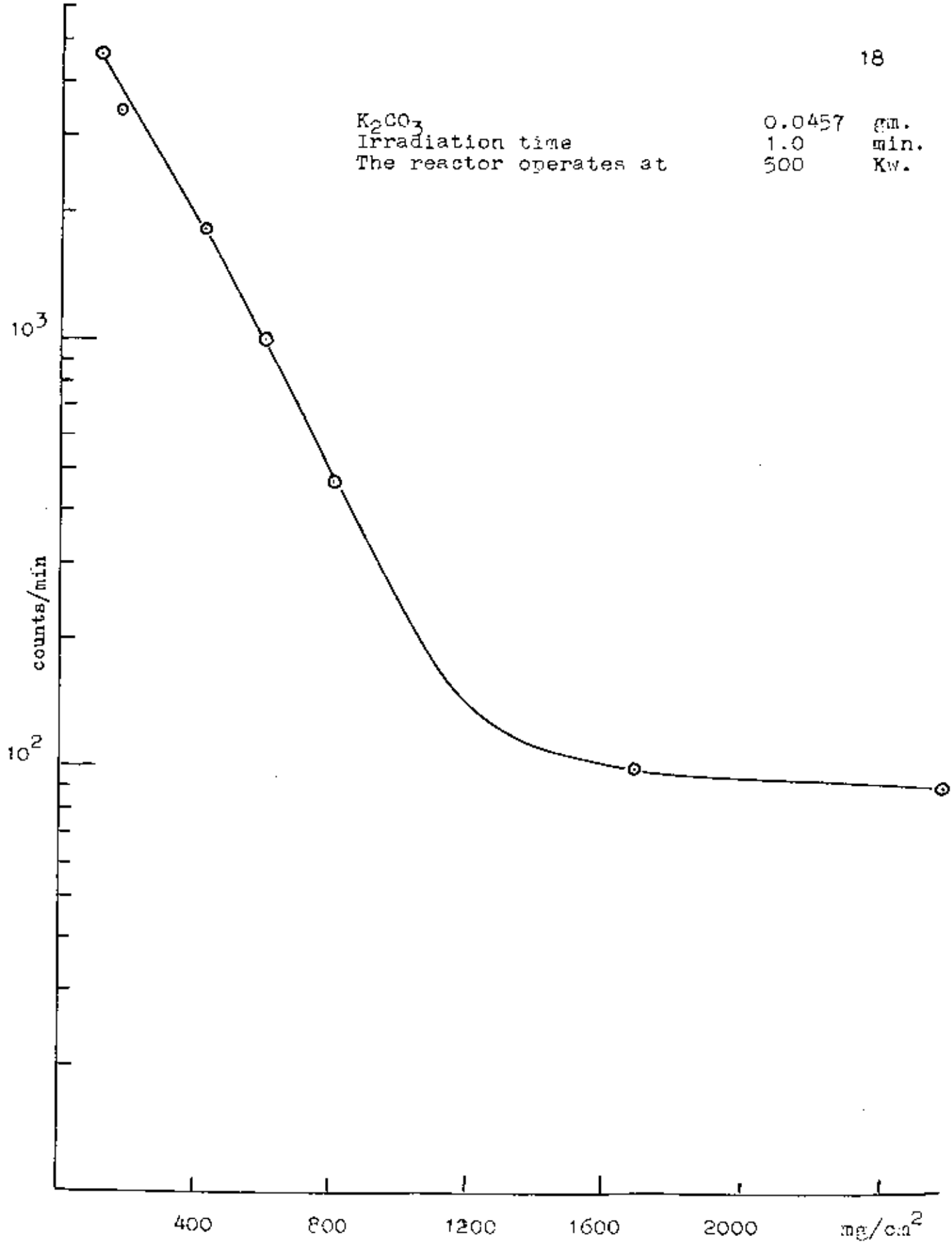
ภาพที่ 3.4 (a) และ 3.4 (b) เป็นกราฟระหว่าง counts/min กับ mg/cm^2 ของ Al-Absorber สำหรับ K_2CO_3 และ Na_2CO_3 ตามลำดับ โดยใช้

เวลาอาบนิวตรอน 1 นาที จากภาพที่ 3.4 (a) จะเห็นว่า ต้องใช้ Al-Absorber ประมาณ 1700 mg/cm^2 จึงสามารถกั้นอนุภาคบีตาพลังงาน 3.55 Mev ได้ ภาพที่ 3.4 (b) ใช้ Al-Absorber ประมาณ 600 mg/cm^2 ก็สามารถกันอนุภาคบีตาพลังงาน 1.394 Mev ได้ ส่วนภาพที่ 3.4 (c) นั้น เอา Na_2CO_3 ผสมกับ K_2CO_3 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 โดยน้ำหนัก จากภาพที่ 3.4 (c) เราสามารถหาปริมาณของ counts ที่เกิดจากอนุภาคบีตา จาก K^{42} ได้ โดยเอา counts ที่ได้จากการเอา Al-Absorber 600 mg/cm^2 กั้นแล้วลบด้วย counts ที่ได้จากการที่ Al-Absorber 1700 mg/cm^2 กั้น

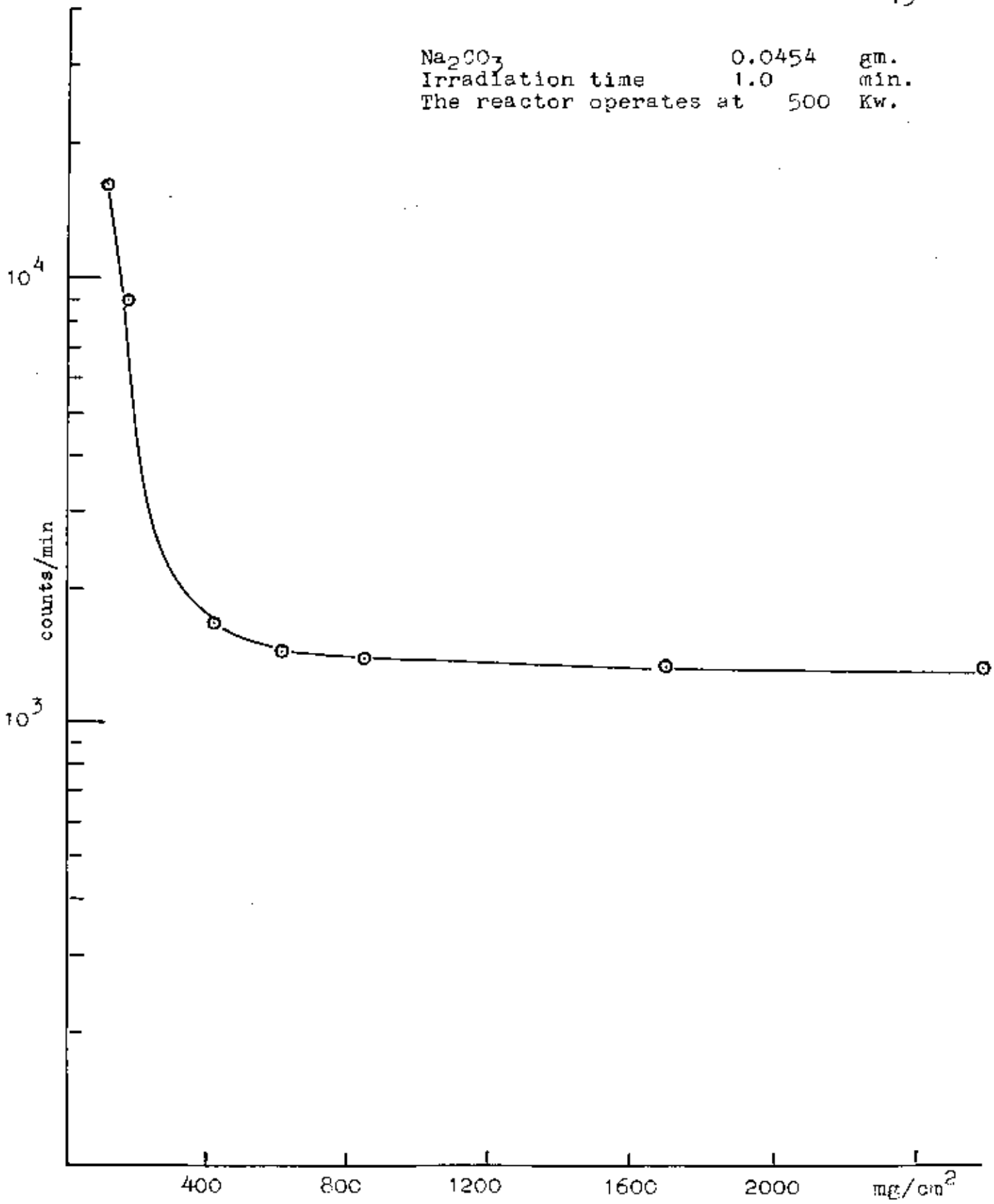
ในทางปฏิบัติ เรามี Al-Absorber ขนาด 615 mg/cm^2 และ 1702 mg/cm^2 ถ้าเราใช้แผ่นอลูมินัมขนาด 615 mg/cm^2 กั้นระหว่างสารตัวอย่างกับ G.M. detector อนุภาคบีตาจาก Na^{24} จะไม่สามารถผ่านแผ่นอลูมินัมไปได้ รังสีแกมมา (จาก Na^{24} และ K^{42}) และอนุภาคบีตา 3.55 Mev จาก K^{42} (ราว 10 % ถึง 20 %) จะผ่านแผ่นอลูมินัมขนาด 615 mg/cm^2 ไปได้ และถ้าเอาแผ่นอลูมินัมขนาด 1702 mg/cm^2 กั้น อนุภาคบีตา 3.55 Mev จาก K^{42} จะถูกกั้นไว้หมด ส่วนรังสีแกมมาจาก Na^{24} และ K^{42} จะผ่านไปได้เช่นเคย

ถ้าเอาจำนวน counts ที่ G.M. counter นับได้เมื่อกั้นด้วยอลูมินัมขนาด 615 mg/cm^2 ลบด้วยจำนวน counts เมื่อเอาอลูมินัมขนาด 1702 mg/cm^2 กั้น ก็จะเป็นจำนวนเคานท์สุทธิ (net counts) ของอนุภาคบีตาซึ่งเกิดจาก K^{42} นำค่าเคานท์สุทธิซึ่งเกิดจาก K^{42} คำนวณหาปริมาณ K^{41} ได้จากสูตร

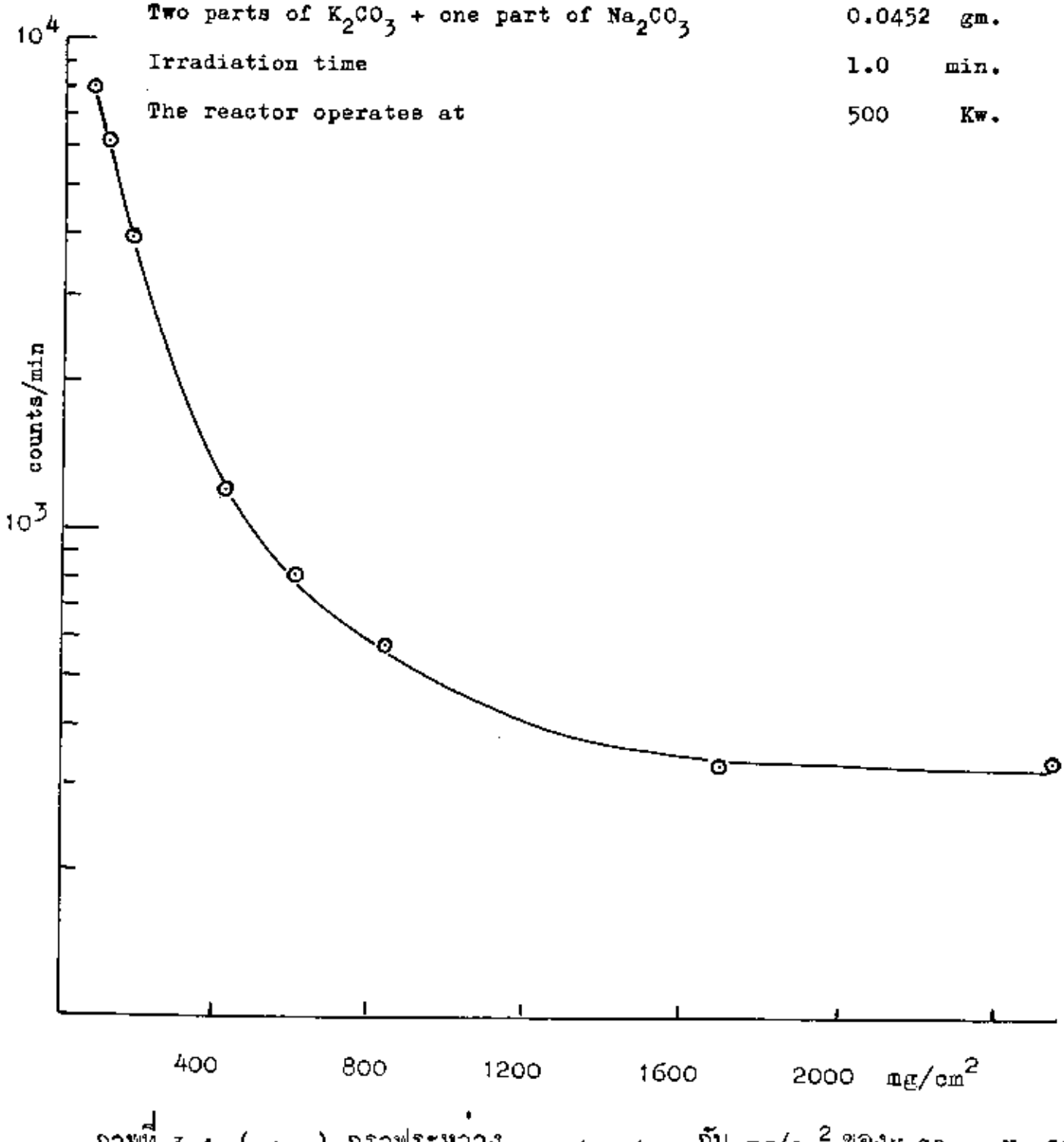
$$\frac{\text{เคานท์สุทธิเมื่อกั้นด้วยอลูมินัมขนาด 615 และ 1702 mg/cm}^2 \text{ ของดิน}}{\text{เคานท์สุทธิเมื่อกั้นด้วยอลูมินัมขนาด 615 และ 1702 mg/cm}^2 \text{ ของ } K_2CO_3} = \frac{\text{น้ำหนักของ } K^{41} \text{ ในดิน}}{\text{น้ำหนักของ } K^{41} \text{ ใน } K_2CO_3}$$



ภาพที่ 3.4 (a) กราฟระหว่าง count rate กับ mg/cm^2 ของ K_2CO_3



ภาพที่ 3.4 (b) กราฟระหว่าง count rate กับ mg/cm^2 ของ Na_2CO_3



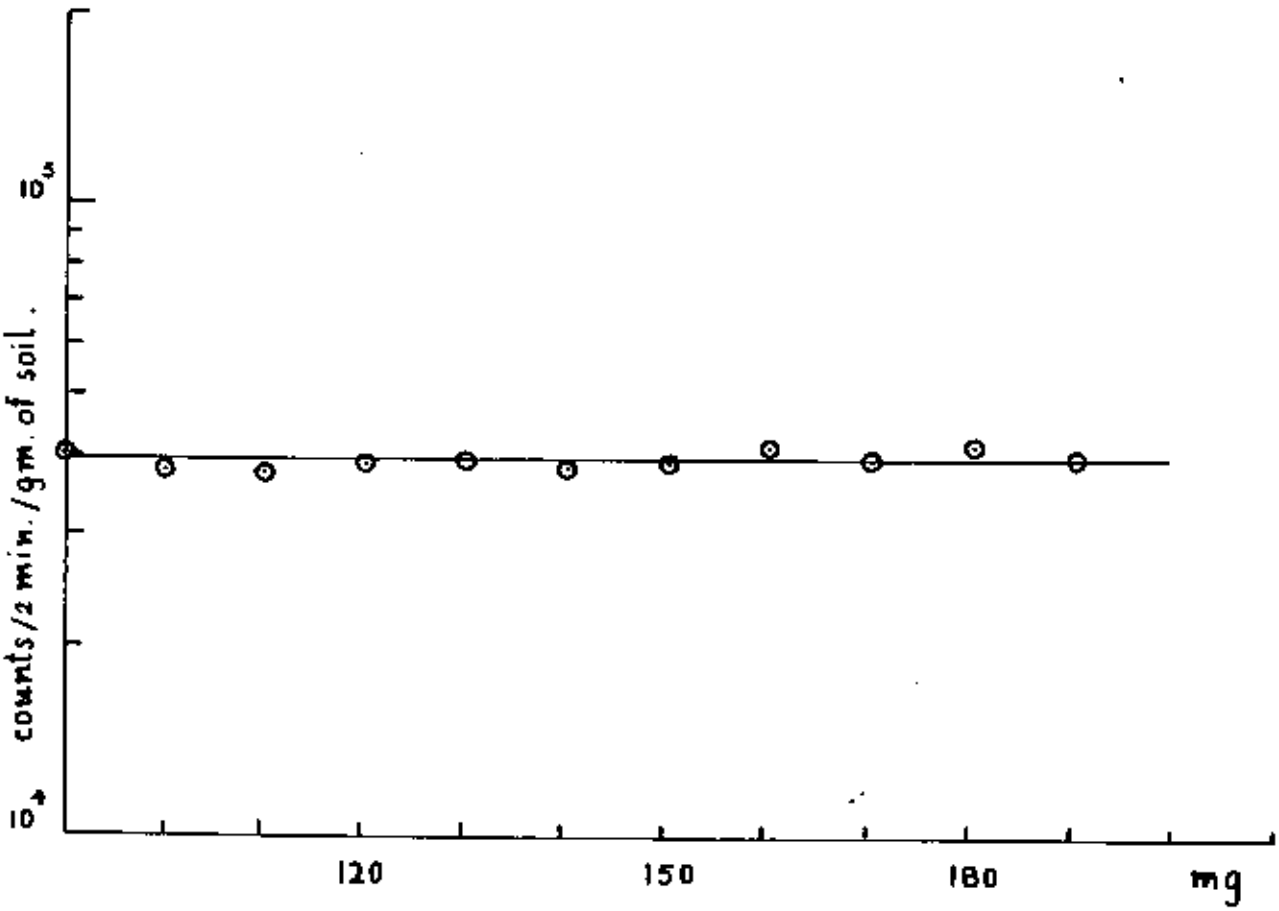
ภาพที่ 3.4 (c) กราฟระหว่าง count rate กับ mg/cm^2 ของ K_2CO_3 + Na_2CO_3

ในทางปฏิบัติเราต้องทดสอบเกี่ยวกับ self-absorption ของอนุภาคบีตาจาก K^{42} โดยเอาสารตัวอย่างหนักขนาด 100 , 110 , 120 , 130 , ... 200 mg มาอาบนิวตรอนเป็นเวลานาน 15 นาที (Reactor ทำงานที่ 1000 Kw) ทิ้งไว้ราว 24 ชั่วโมง แล้วนับโดยใช้แผ่นอลูมินัมขนาด 615 mg/cm^2 กั้น และแก้เนื่องจากการนับที่เวลาต่างๆกัน แล้วเขียนกราฟระหว่าง count/gm of sample กับ gm of sample ดังภาพที่ 3.5 (a) และ 3.5 (b) จากภาพจะเห็นว่าสารตัวอย่างที่ใช้ขนาด 200 mg (ต่อ 1 ตัวอย่าง) จะไม่ทำให้ผลคลาดเคลื่อน อันเนื่องจาก self-absorption แต่อย่างไร นอกจากนี้จะต้องทดสอบเวลาครึ่งชีวิตของ K^{42} ในดิน โดยเอาสารตัวอย่างที่เตรียมไว้และ K_2CO_3 อาบนิวตรอนเวลาประมาณ 15 นาที ทิ้งไว้ราว 24 ชั่วโมง แล้วนำมานับใช้อลูมินัมขนาด 615 mg/cm^2 กั้น หาอัตราส่วนของ count rate เนื่องจาก K_2CO_3 และสารตัวอย่าง เขียนกราฟระหว่างเวลากับอัตราส่วนของ count rate ที่ได้ ดังภาพที่ 3.5 (c) จากภาพจะเห็นว่าสารตัวอย่างมี K^{42} แน่นอน เพราะมีเวลาครึ่งชีวิตเท่ากับ K^{42} จาก K_2CO_3

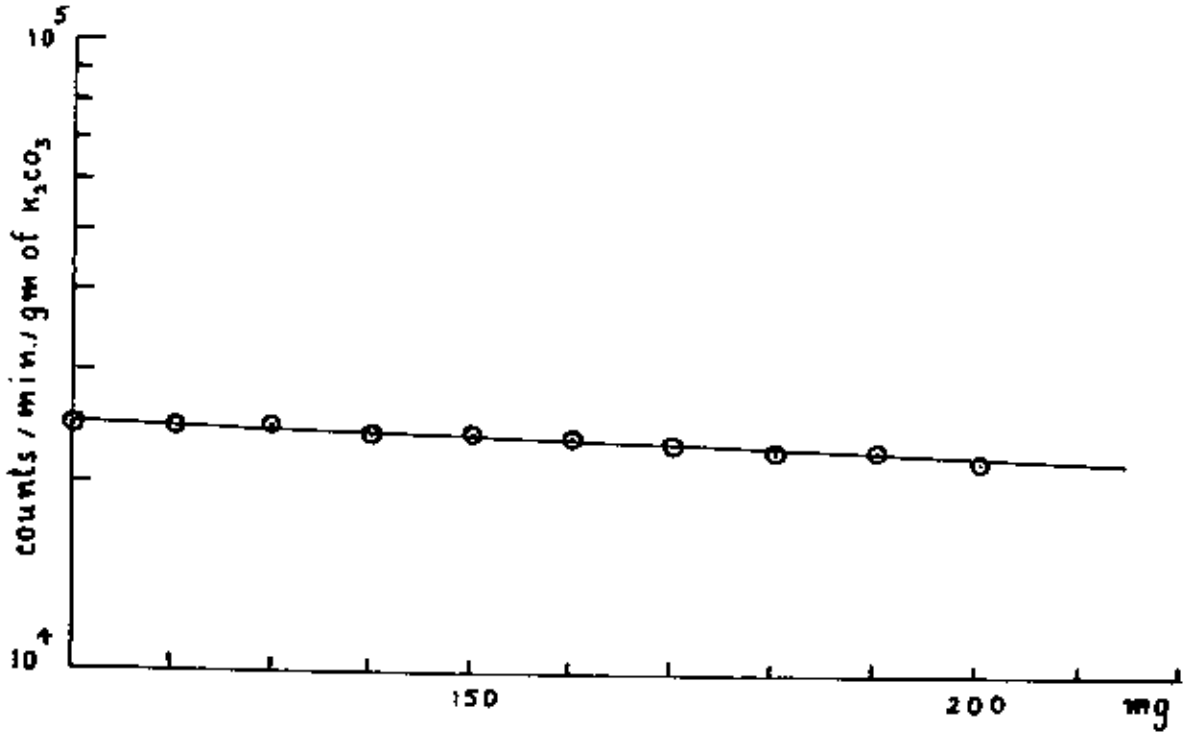
ในทางปฏิบัติ ใช้สารตัวอย่างห่อด้วยกระดาษที่มีผิวเป็นมัน ส่วน K_2CO_3 ใส่ขวดปลาสติก (เพราะ K_2CO_3 ดูดไอน้ำ) นำสารตัวอย่างประมาณ 7 ตัวอย่างไปอาบนิวตรอนพร้อมกับ K_2CO_3 ทาง Pneumatic system ราว 15 นาที ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย แล้วนำสารตัวอย่างใส่ในถาดโลหะเล็กๆ (planchet) เกลี่ยให้เรียบ นำไปวัดโดยมีแผ่นอลูมินัมขนาด 615 mg/cm^2 และ 1702 mg/cm^2 กั้น บันทึกเวลาและ count rate ที่ได้จากการนับเพื่อจะนำไปแก้

Count rate ที่นับได้นั้นยังไม่ถูกต้อง ต้องมีการแก้อันเนื่องจากสาเหตุสองประการคือ

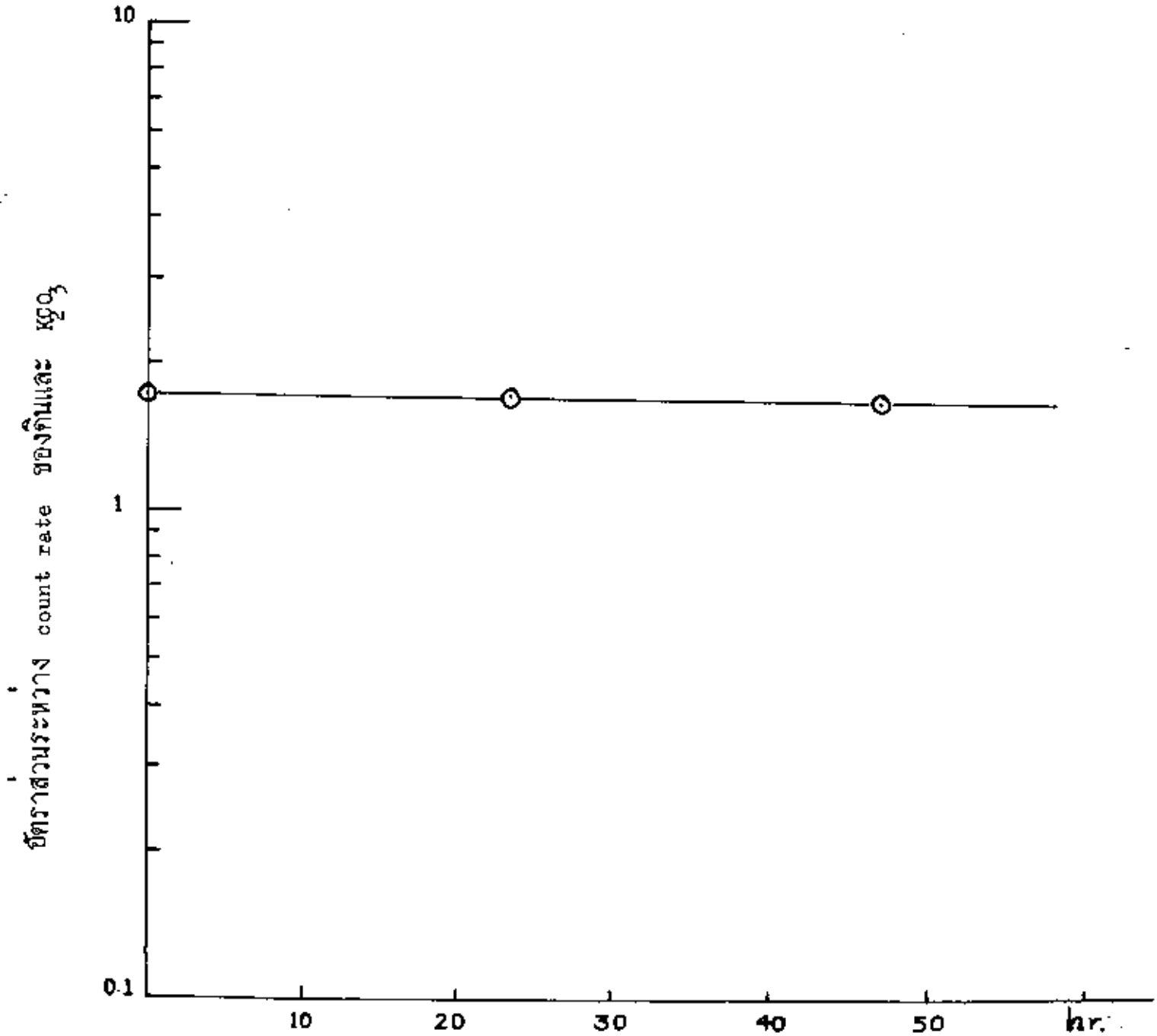
1. การสลายตัวของ K^{42} โดยใช้สูตร (2.4)
2. เวลาแห่งการนับไม่ได้นับที่เวลาเดียวกันเพราะตามทฤษฎี เราจะต้องนับเมื่อใส่อลูมินัมขนาด 615 mg/cm^2 และขนาด 1702 mg/cm^2 พร้อมกัน แต่



ภาพที่ 3.5 (a) กราฟระหว่าง counts/2min/gram of soil
กับน้ำหนักของดิน



ภาพที่ 3.5 (b) กราฟระหว่าง counts/min/gram of K_2O_3
กับน้ำหนักของ K_2O_3



ภาพที่ 3.5 (c) กราฟระหว่างอัตราส่วนของ count rate ของดินกับ KgO_3 และเวลา

ในทางปฏิบัติเราทำไม่ได้จึงต้องแก้โดยใช้สูตร (3.1)

$$N = No\, e^{-\lambda t} \qquad (3.1)$$

เมื่อ No = counts ที่ได้เมื่อ t = 0

N = counts เมื่อเวลาผ่านไป t

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการแก้โดยพิจารณาจากตาราง 3.3

ตาราง 3.3

แสดงการแก้ให้ถูกต้อง เนื่องจากการนับ

สารตัวอย่าง	น้ำหนัก กรัม	เวลานับ นาฬิกา	Al-Absorber mg/cm^2	counts (ยังไม่แก้)	cpm แก้เนื่องจาก Geometry	แก้เนื่องจากนับเวลาต่างกัน
ดินทดลองข้าว สมุทรปราการ	0.1753	11.24	615	9218/2min	4614	4614
		11.27	1702	2759/2min	1381	1386
K_2CO_3 (มาตรฐาน)	0.1872	11.24	615	-	-	116200
			1702	-	-	2240

หมายเหตุ แก้ให้นับที่เวลา 11.24 น.

คอลัมน์ที่ 6 (นับจากซ้ายมือ) เป็น counts ที่แก้แล้วโดยใช้สูตร (2.4) ส่วนคอลัมน์ 7 แก้เนื่องจากการนับที่เวลาต่างๆกันโดยใช้สูตร (3.1) เช่นจะให้ทุก counts นับที่เวลา 11.24 น. เราคำนวณได้ดังนี้

$$4614 = No\, \exp\left(-\frac{0.693 \times 0}{12.5 \times 60}\right) \quad \text{ได้} \quad No = 4614$$

$$1381 = No\, \exp\left(-\frac{0.693 \times 3\,min}{12.5 \times 60}\right) \quad \text{ได้} \quad No = 1386$$

การคำนวณ หาปริมาณ K^{41} ในดินทดลองข้าวจังหวัดสมุทรปราการ

จากตาราง เคานท์สุทธิ เมื่อกั้นด้วย Al-absorber 615 และ 1702 mg/cm^2, เนื่องจากดิน = 4614 - 1381 cpm

= 3233 cpm

เคานท์สุทธิเมื่อกั้นด้วย Al-Absorber 615 และ 1702 mg/cm^2

เนื่องจาก K_2CO_3 = 116200 - 2240 cpm

= 113960 cpm

น้ำหนักของ K ใน K_2CO_3 = $\frac{78}{138}$ x 0.1872 กรัม

แทนในสูตรได้

$$\frac{3233 \text{ cpm}}{113960 \text{ cpm}} = \frac{\text{น้ำหนักของ } K^{41} \text{ ในดิน}}{\frac{78}{138} \times 0.1872 \text{ กรัม}}$$

น้ำหนักของ K^{41} ในดิน = $\frac{3233}{113960} \times \frac{78}{138} \times 0.1872$ กรัม

แต่ดินหนัก 0.1753 กรัม

ดิน 1 กรัม มี K^{41} = $\frac{3233}{113960} \times \frac{78}{138} \times \frac{0.1872}{0.1753}$ กรัม

= 1.7×10^{-2}

ดินทดลองข้าวจังหวัดสมุทรปราการมี K^{41} 1.7 % โดยน้ำหนัก

ตาราง 3.4

แสดงปริมาณของ K^{41} ในดิน

ดิน	% K^{41} โดยน้ำหนัก		หมายเหตุ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
No. 1	2.05	2.00	ดิน 1 - 13 เป็นดินอบแห้ง
2	1.89	1.93	
3	1.68	1.64	
4	2.22	2.18	
5	0.83	0.81	
6	2.14	1.97	
7	1.81	1.77	
8	1.77	1.76	
9	1.81	1.80	
10	1.72	1.85	
11	1.85	1.77	
12	1.96	2.18	
13	2.24	2.13	
ดินเกษตร			
Lab No 5627	0.047	0.042	
5628	0.057	0.067	
5629	0.056	0.047	
5630	0.044	0.048	
5412	0.019	0.054	
6053	2.83	2.66	
5961	0.038	0.041	

ดิน	% K^{41} โดยน้ำหนัก		หมายเหตุ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
Lab No. 5217	1.80	1.79	
4533	0.042	0.042	
3558	0.27	0.28	
4688	1.47	1.41	
4942	1.03	1.06	
5198	2.11	2.17	
4708	1.77	1.76	
5199	2.34	2.30	
5007	0.04	0.04	
4951	1.82	1.87	
5200	2.32	2.26	
5767	1.90	1.94	
5375	1.79	1.69	
5201	2.02	2.00	
5408	1.13	1.21	
5197	1.79	1.79	
4952	1.52	1.52	
4943	0.91	0.91	
3057	1.94	1.95	

3.3 การหาปริมาณของ Na^{23}ในดิน

เมื่อเอาดินไปอาบนิวตรอนเป็นเวลา 15 นาที (Reactor ทำงานที่ 1000 Kw) แล้วปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง สารกัมมันตภาพรังสีที่มีครึ่งชีวิตสั้นจะสลายตัวหมดไปก่อน เหลือแต่ Na^{24} และ K^{42} (โปรดดูพลังงานของ Na^{24} และ K^{42} ในข้อ 3.2)

ในการหาปริมาณของ Na^{24} เรานับแบบอินทีแกรล (Integral count) ด้วย Single channel pulse height analyser โดยตั้ง base ให้เลย energy peak อันสูง (2.75 Mev) ของ Na^{24} ในทางปฏิบัติเราตั้ง base ไว้ที่ 800 และนับเฉพาะพื้นที่ส่วนที่อยู่ทางขวาของ base level 800 ดังในภาพที่ 3.6b ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิด % Interference เนื่องจากรังสีที่มาจาก Radioisotopes อื่น ดังแสดงในตาราง 3.5

ตารางที่ 3.5

แสดง Radioisotopes ที่อาจปล่อยรังสีมารบกวน การนับ γ -rays จาก Na^{24}

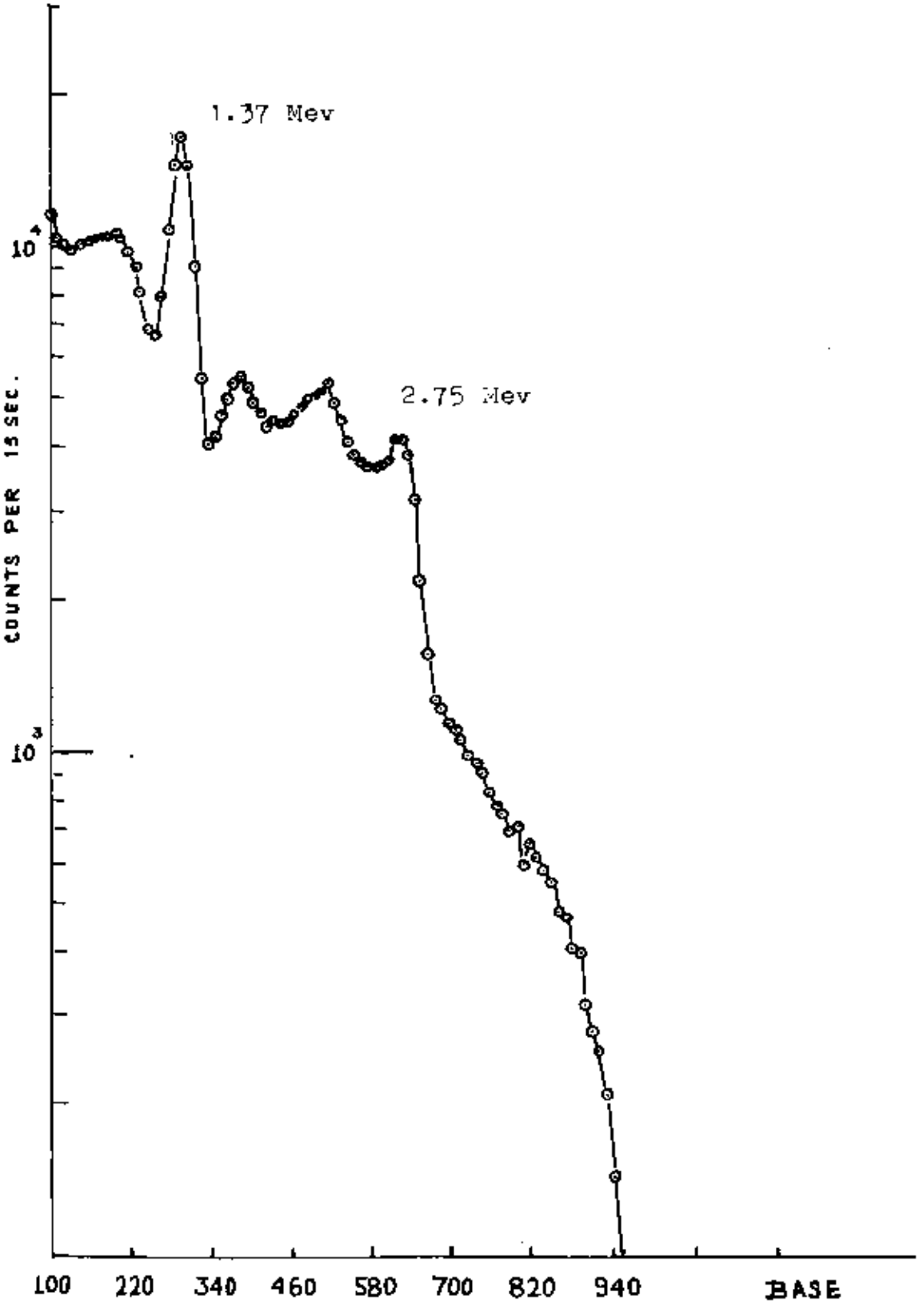
Radioisotopes	$T_{1/2}$	σ barns	E_γ Mev	% of Decays
Na^{24}	14.97 hr	0.48	2.75	100
Cl^{38}	37.29min	0.14	2.15	47
Mn^{56}	2.6 hr	13.3	2.13	15
			2.65	18
			2.98	0.4
Ga^{72}	14.3	2.5	2.203	30
			2.491	10
			2.508	17

Radioisotopes	$T_{1/2}$	σ barns	E_γ Mev	% of Decays
			2.827	0.4
			3.086	0.04
			3.350	0.02

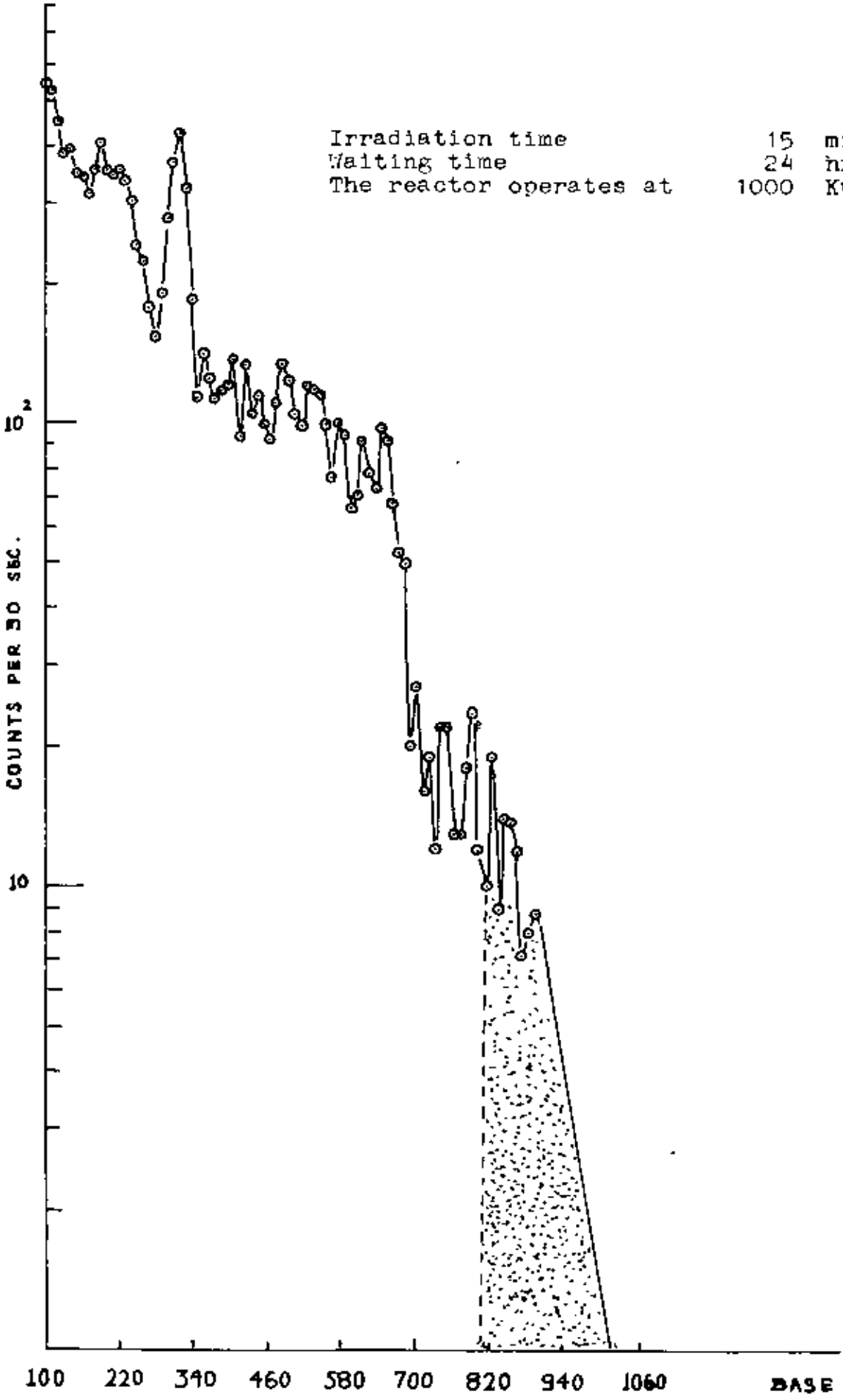
สำหรับสารตัวอย่างที่เป็นดิน รังสีจาก Mn^{56} จะรบกวนการนับ γ -rays จาก Na^{24} มากทีเดียว ซึ่งเราทดลองได้โดยนับแบบ differential และตั้ง base ที่ peak ของ Na^{24} แล้วทดสอบเวลาครึ่งชีวิตของ Na^{24} จะเห็นว่าได้ค่าที่คลาดเคลื่อน นอกจากนี้อนุภาคบีตาพลังงาน 3.55 Mev จาก K^{42} นั้น เครื่อง counter ก็ยังนับได้ด้วย เราจึงต้องหาทางหลีกเลี่ยง Interference โดยวิธีดังกล่าวแล้ว

สารตัวอย่างที่ใช้เป็นอินหนักราว 200 มิลลิกรัม ต่อ 1 ตัวอย่าง และมี Na_2CO_3 เป็นสารมาตรฐาน นำสารตัวอย่างและ Na_2CO_3 อาบนิวตรอนทาง Pneumatic system ราว 15 นาที (Reactor ทำงานที่ 1000 Kw) แล้วทิ้งไว้ราว 24 ชั่วโมง สารกัมมันตรังสีก็จะเหลือแต่ Na^{24} และ K^{42} ส่วน Radioisotope อื่นๆมี Activity ต่ำมาก K^{42} มีพลังงานของรังสีแกมม่าน้อยกว่า Na^{24} มาก แต่ K^{42} ให้พลังงานของอนุภาคบีตาสูงมาก ถ้าเราปฏิบัติดังกล่าวแล้วก็จะขจัดรังสีที่มาจาก K^{42} ได้

การแก้และคำนวณโปรดดูจากตาราง 3-6



ภาพที่ 3.6 (a) กราฟระหว่าง count rate กับ base ของ Na^{24} จาก Na_2CO_3



ภาพที่ 3.6 (b) กราฟระหว่าง count rate กับ base ของ Na^{24} จากดิน

ตารางที่ 3-6

แสดงการแก้ count rate ให้ถูกและการคำนวณหาปริมาณของ Na^{23}

ดิน	น้ำหนัก กรัม	เวลา นาฬิกา	cpm (ยังไม่แก้)	cpm (แก้แล้ว)	หมายเหตุ
Lab No.3057	0.2257	13.43	8095	8095	คอลัมน์ 5 ได้จากการแก้ให้นับที่เวลา 13.43 น. ทุกๆค่าโดยใช้สูตร 3.1
.....	...	...	.....	.....	
.....	...	...	.....	.....	
Na_2CO_3	0.0085	13.57	74006	74837	

คำนวณ ใช้สูตร (2.5)

$$\frac{C_s}{C_x} = \frac{m_s}{m_x}$$

$$m_s = \frac{46}{106} \times 8.5 \times 10^{-3} \quad \text{กรัม}$$

น้ำหนักอะตอมของ Na = 23 , C = 12 , และ O = 16

$C_x = 8095$, $C_s = 74864$

$$m_x = \frac{8095}{74837} \times \frac{46}{106} \times 8.5 \times 10^{-3} \quad \text{กรัม}$$

$$= 39.8 \times 10^{-5} \quad \text{กรัม}$$

มี $Na^{23} = 39.8 \times 10^{-5} \times \frac{100}{0.2257}$ %

ในดิน Lab No. 3057 มี Na 0.18 % โดยน้ำหนัก

ตาราง 3-7

แสดงปริมาณของ Na^{23} ในดิน

ดิน	เปอร์เซ็นต์ Na^{23} โดยน้ำหนัก
Lab No. 3057	0.18
4533	0.0067
4688	0.14
4708	0.22
4941	0.13
4942	0.12
4943	0.10
4951	0.36
4952	0.38
5007	0.014
5196	0.33
5197	0.35
5198	0.41
5199	0.23
5200	0.34
5201	0.40
5375	0.25
5408	0.20
5767	0.21
5961	0.10

ดิน	เปอร์เซ็นต์ Na^{23} โดยน้ำหนัก
Lab No. 6053	0.12
6427	0.27
6437	0.29

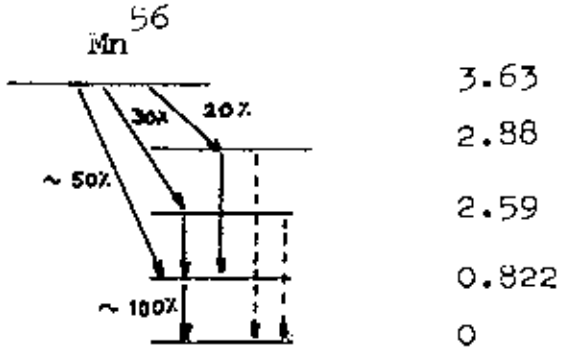
I15099125

3.4 การหาปริมาณของ Mn^{55} ในดิน

แมงกานีสที่มีในธรรมชาติ คือ Mn^{55} (100 %) มี cross-section สูง คือ 13.3 barns เมื่อ Mn^{55} จับนิวตรอนช้าจะกลายเป็น Mn^{56} ซึ่งมีเวลาครึ่งชีวิต 2.58 ชั่วโมง และสลายตัวให้อนุภาคบีตา และรังสีแกมม่าด้วยพลังงานดังนี้

Mn^{56}	ปล่อยอนุภาคบีตา	0.7 , 1.0 และ 2.8 Mev
	ปล่อยรังสีแกมม่า	0.85 Mev
		1.8 Mev
		2.13 Mev
		2.65 Mev
		2.98 Mev[4]

Decay scheme ของ Mn^{56} แสดงดังในภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 Decay scheme[2] ของ Mn^{56}

เราใช้ Single channel pulse height analyser แต่แทนที่จะนับแบบอินทีเกรล (integral count) อย่างการหา Na^{23} เรานับแบบดิฟเฟอเรนเชียล (differential count) โดยตั้ง base ให้อยู่ที่ peak ของ Mn^{56} (0.85 Mev) แล้วใช้ Window width 1 volt

สารตัวอย่างที่ใช้เป็นดินหนักประมาณ 200 มิลลิกรัมต่อหนึ่งตัวอย่าง สารมาตรฐานใช้สารละลายของ MnO_2 (มีเนื้อ Mn^{55} 214.8 microgram/ml) และดูดมาใช้เพียง 200λ (1 λ = $\frac{1}{1000}$ c.c.) ทั้งดินและสารมาตรฐานแยกบรรจุอยู่ในขวดปลาสติก (vial) นำดินและ MnO_2 ไปอาบนิวตรอนทาง Pneumatic system พร้อม ๆ กันนาน 1 นาที (กำลังของ Reactor 1000 Kw) แล้วรอประมาณ 1 ชั่วโมง จึงจะนับ เพื่อให้ Radioisotopes พวกที่มีเวลาครึ่งชีวิตสั้นๆ สลายตัว ส่วน Na^{24} และ K^{42} จะไม่เกิดหรือเกิดก็น้อยมาก เพราะ cross-section น้อยและเวลาครึ่งชีวิตก็ยาว สำหรับ Mn^{56} นั้นจะเกิดได้และมี Activity พอเหมาะ เพราะ crose-section สูง และเวลาครึ่งชีวิตก็ไม่ยาวนัก ในการปฏิบัติเราต้องทดสอบเวลาครึ่งชีวิตของ Mn^{56} ซึ่งจะได้เวลาครึ่งชีวิตประมาณ 2.6 ชั่วโมง สำหรับการแก้ count rate และคำนวณ โปรดดูได้จากตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8

แสดงการแก้ count rate จากการนับ ɣ -rays จาก Mn^{56}

สารตัวอย่าง	น้ำหนัก กรัม	เวลา นาฬิกา	cpm (ยังไม่แก้)	cpm (แก้แล้ว)	หมายเหตุ
Lab.No. 3057	0.2257	13.45	25685	25685	คอลัมน์ 5 ได้จากการแก้ให้นับที่เวลา 13.45 น. โดยใช้สูตร 3.1
Mn(จาก MnO_2)	42.96×10^{-6}	13.59	12730	13532	

<u>คำนวณ</u> ใช้สูตร (2.5)

$$\frac{C_s}{C_x} = \frac{m_s}{m_x}$$

$m_s = 42.96 \times 10^{-6}$ กรัม

$m_x = \frac{25685}{13532} \times 42.96 \times 10^{-6}$ กรัม

$= 8.15 \times 10^{-5}$ กรัม

ดิน 0.2257 กรัม มี $_{Mn}{}^{55}$ 8.15×10^{-5} กรัม

" 100 " " $8.15 \times 10^{-5} \times \frac{100}{0.2257}$ กรัม

$= 0.037$ %

ในดิน Lab.No. 3057 มี $_{Mn}{}^{55} = 0.037$ %

ตาราง 3-9

แสดงปริมาณของ Mn^{55} ในดิน

ดิน		% Mn^{55} โดยน้ำหนัก	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
Lab.No.	3057	0.037	0.037
	4533	0.003	0.003
	4688	0.010	0.009
	4708	0.052	0.056
	4941	0.047	0.046
	4942	0.022	0.023
	4943	0.013	0.014
	4951	0.021	0.021
	4952	0.027	0.027
	5007	0.005	0.005
	5196	0.018	0.017
	5197	0.108	0.104
	5198	0.067	0.068
	5199	0.138	0.124
	5200	0.140	0.129
	5201	0.119	0.11
	5375	0.015	0.013
	5408	0.038	0.037
	5767	0,024	0.025
	5961	0.012	0.012
	6053	0.071	0.072
	6427	0.016	0.016
	6437	0.011	0.011

ตอนที่ 2 คุณภาพวิเคราะห์

3.5 การหา Hf^{178} ใน Zirconium nitrate

Zirconium nitrate ที่ขายในท้องตลาดนั้นจะมี Hafnium ปนอยู่ด้วย

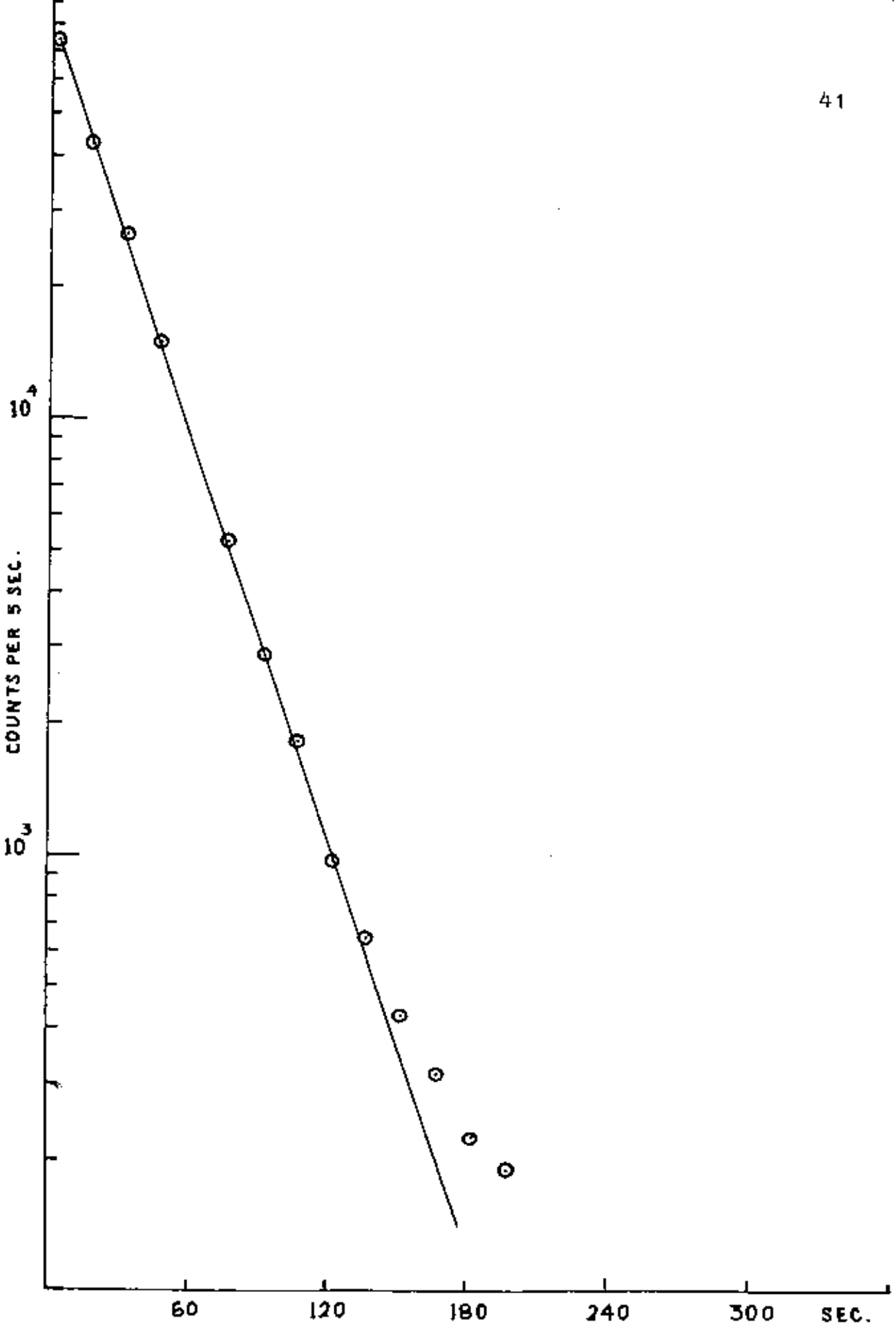
^{5} Hafnium ที่มีอยู่ในธรรมชาติ คือ

$_{72}Hf^{174}$	0.18	%
$_{72}Hf^{176}$	5.15	%
$_{72}Hf^{177}$	18.39	%
$_{72}Hf^{178}$	27.08	%
$_{72}Hf^{179}$	13.78	%
$_{72}Hf^{180}$	35.44	%

Hf^{178} มี cross-section 80 barns เมื่อ Hf^{178} จับนิวตรอนช้าจะกลายเป็น Hf^{179m} ซึ่งมีเวลาครึ่งชีวิต 19 วินาที และพลังงานของรังสีแกมม่ามีค่า 0.22 Mev[6]

ส่วน ^{5}Zirconium ที่มีในธรรมชาติ คือ

$_{40}Zr^{90}$	51.46	%
$_{40}Zr^{91}$	11.23	%
$_{40}Zr^{92}$	17.11	%
Zr^{94}	17.40	%
Zr^{96}	2.80	%



ภาพที่ 3.8 กราฟระหว่าง count rate กับเวลา ของ Hf^{179m}

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์เรื่อง การวิเคราะห์ดินและแร่ด้วยวิธีนิวตรอน แอคติเวชั่น
(Neutron Activation Analysis of soil and Minerals)

ผู้ทำการวิจัย นาย มนรอม สถาปนาสวัสดิ์

แผนวิชา ฟิสิกส์

ก. ส่วนนำ (The Preliminaries)

- [x] หน้าหัวเรื่อง เว้นขอบ ไม่ลอย ตามที่ ม.ศ. 2508
- [x] หน้าอนุมัติ
- [x] บทคัดย่อ
- [x] คำนำหรือคำขอบคุณผู้ให้ความร่วมมือ
- [x] สารบาญ ไม่มีจุด จาก ต้องตรงตามจำนวนหน้าในส่วนของเนื้อหา
- [x] รายการตารางประกอบ
- [ ] อื่น ๆ

ข. ส่วนเนื้อความ (The Text)

- [x] บทนำ
- [x] ตัวเรื่อง
- [x] ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ
- [ ] อื่น ๆ

ค. ส่วนอ้างอิง (The References)

- [ ] ยนวก
- [x] บรรณานุกรม หรือรายชื่อหนังสือและบทความที่อ้างถึงในวิทยานิพนธ์
- [ ] อื่น ๆ

ผู้ตรวจ ดวง ประจวบวิชัย

สิ่งที่ต้องแก้ไข

ข้อความที่ขีดเส้นใต้ ต้องเพิ่มเติม

1. ลบตารางที่ 3 ออก
2. abstract เป็นภาษาอังกฤษ

สถาปนา
5 มีนาคม

Zirconium กัมมันตรังสี จะมีเวลาครึ่งชีวิตยาวมากเมื่อเทียบกับเวลาครึ่งชีวิตของ Hf^{179m} เพราะฉะนั้น ถ้าเราใช้เวลาอาบนิวตรอนน้อย ๆ ก็จะเกิดแต่ Hf^{179m} เท่านั้น

ในทางปฏิบัติ เราเอา Zirconium nitrate อาบนิวตรอนเป็นเวลา 2 วินาที (Reactor ทำงานที่ 1000 Kw) รอราว 20 วินาที นำมานับ 5 วินาทีด้วย Ordinary scintillation counter และรอระหว่างนับ 10 วินาที แล้วเขียนกราฟดังภาพที่ 3-8 จากกราฟจะได้เวลาครึ่งชีวิต 19 วินาที

3.6 การหา Ag ในทองรูปพรรณและทองเปลว

จากการทดลอง เราพบว่ามีเงิน Ag^{109} เจือปนอยู่ในทองรูปพรรณและทองเปลว

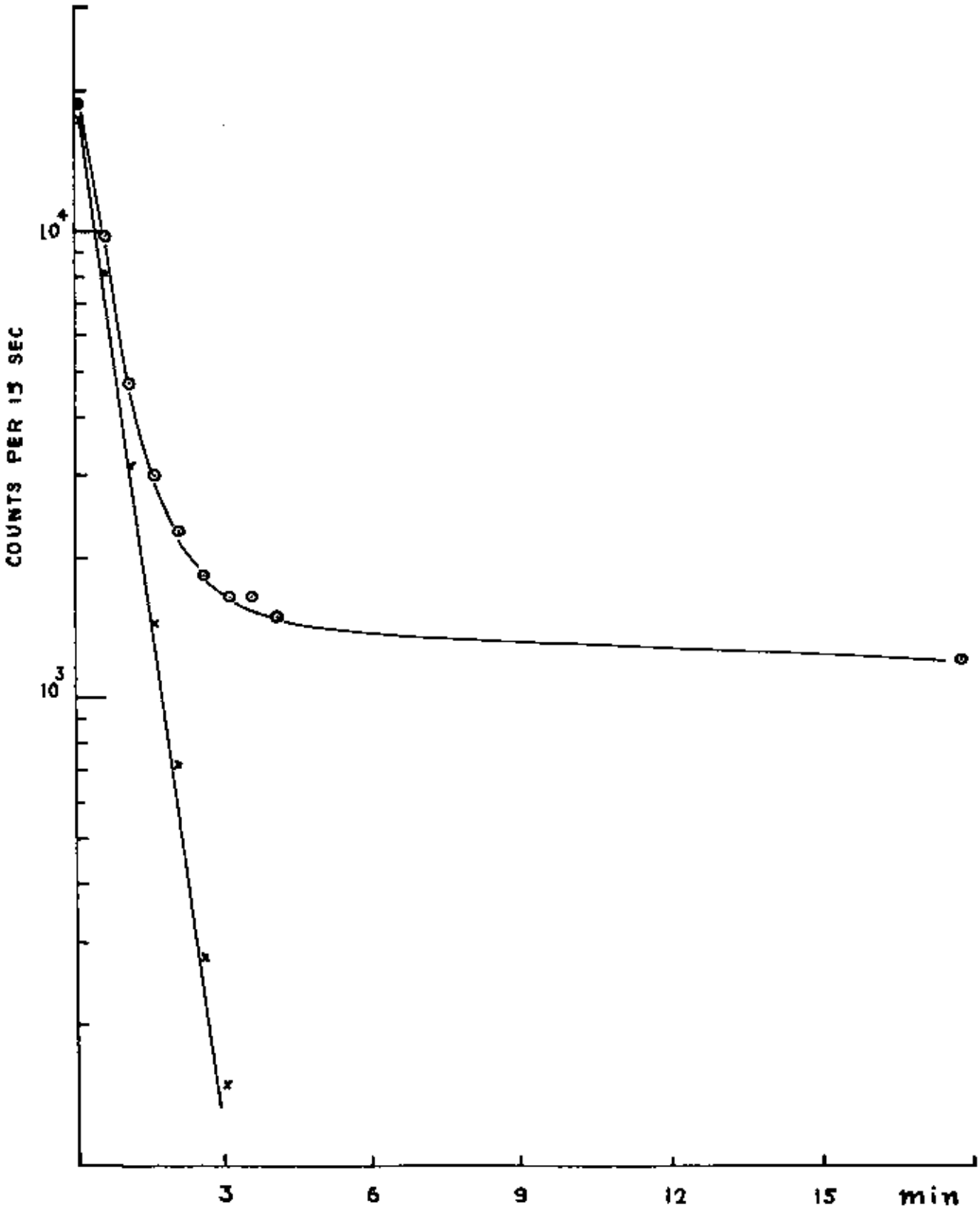
เงินที่มีในธรรมชาติ คือ

47 Ag^{107}	51.35	%
47 Ag^{109}	48.65	%

^{2} Ag^{109} เมื่อจับนิวตรอนแล้วจะกลายเป็น Ag^{110} ซึ่งสลายให้อนุภาคบีตา 2.24 Mev , 2.82 Mev รังสีแกมมา 0.66 Mev ด้วยเวลาครึ่งชีวิต 24 วินาที

Au ที่มีอยู่ในธรรมชาติมีเพียงไอโซโทปเดียวคือ Au^{197} ซึ่งเมื่อจับนิวตรอนช้าแล้วจะกลายเป็น Au^{198} มีเวลาครึ่งชีวิต 2.7 วัน นับว่ายาวมากเมื่อเทียบกับเวลาครึ่งชีวิตของ Ag^{110}

ในทางปฏิบัติ เราเอาทองรูปพรรณ หรือทองเปลวอาบนิวตรอนเป็นเวลา 5 วินาที (Reactor ทำงานที่ 500 Kw) แล้วนำมานับด้วย Ordinary scintillation counter เป็นเวลา 15 วินาที และรอระหว่างนับ 15 วินาที แล้วเขียนกราฟดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 กราฟระหว่าง count rate กับเวลา ของ Ag^{110}

3.7 การวิเคราะห์หา Mn^{55} , A^{40}, Al^{27} และ Si ในแร่

จากการปฏิบัติเราพบว่า แร่ส่วนมากจะมี Mn^{55} , A^{40} , Al^{27} และ Si^{28}

1. แมงกานีส (Manganese)

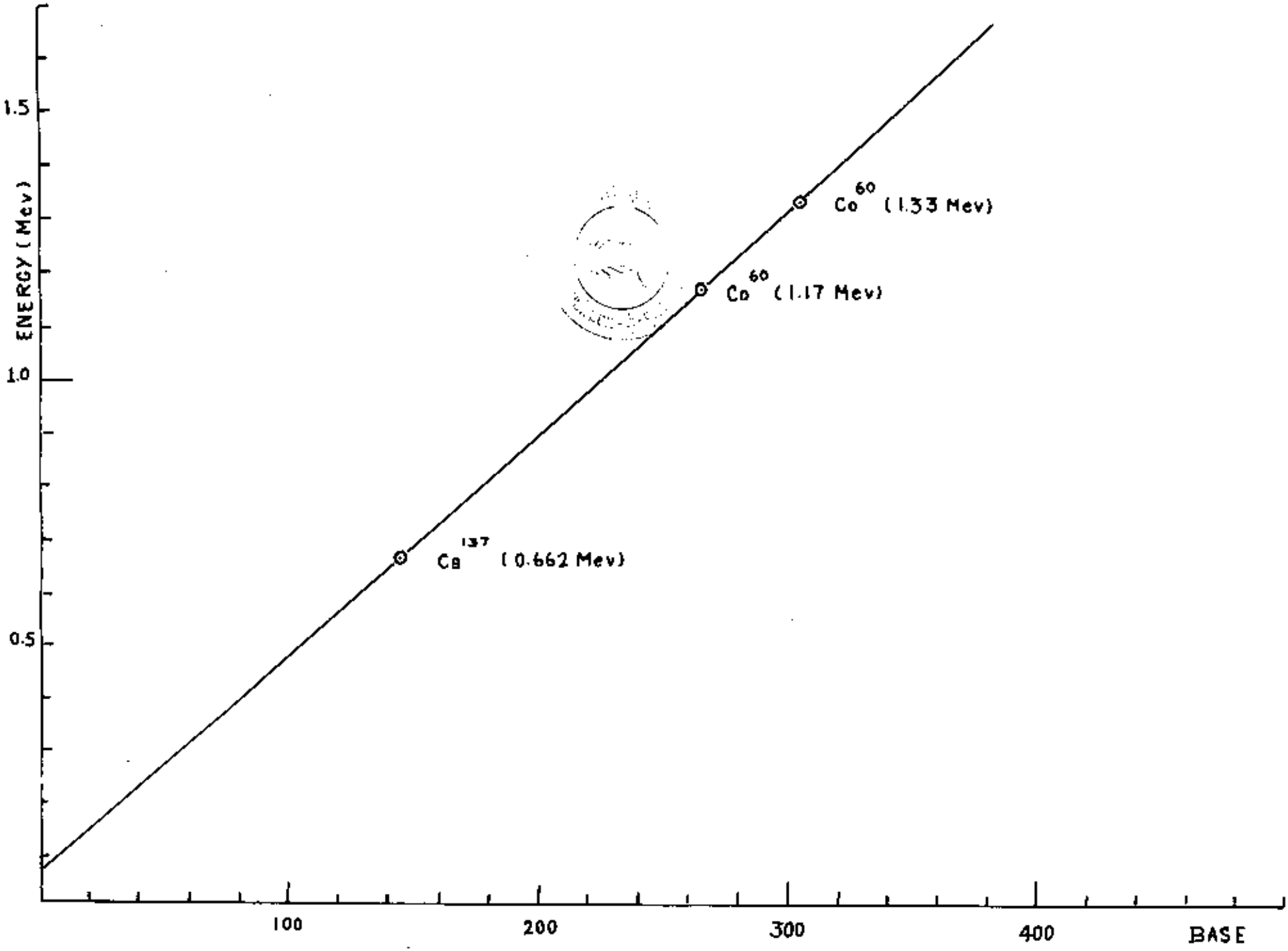
แมงกานีสที่มีในธรรมชาติคือ Mn^{55} (100 %) มี cross-section สูง (เมื่อเทียบกับ Na^{23} , Al^{27} และ K^{41}) คือ 13.3 barns เมื่อ Mn^{55} จับนิวตรอนช้า จะกลายเป็น Mn^{56} ซึ่งสลายตัวให้อนุภาคบีตา พลังงาน 2.8 , 1.0 และ 0.7 Mev กับรังสีแกมมา พลังงาน 0.85 , 1.8 และ 2.1 Mev ด้วยเวลาครึ่งชีวิต 2.58 ชั่วโมง

ในการปฏิบัติเรานำแร่จากกรทรัพยากรธรณีไปอาบนิวตรอนด้วยเวลา 1 นาที ถึง 10 นาที แล้วนับแบบดิฟเฟอเรนเชียล (differential count) ด้วย Single channel pulse height analyser โดยเปลี่ยนค่า base ต่างๆกัน แล้วเขียนกราฟระหว่าง count rate กับ base จะได้ Energy spectrum จาก spectrum นี้เราสามารถหาค่า Energy ที่ peak ใดๆได้โดยอ่านจากภาพที่ 3.10 ซึ่งเป็นกราฟที่เขียนขึ้นระหว่าง base กับ energy ของ standard source (Cs^{137} และ Co^{60}) จากการปฏิบัติได้ Energy peak ของธาตุที่ต้องการหามีค่าใกล้เคียง 0.85 Mev มาก และจากการทดสอบเวลาครึ่งชีวิตจะได้ค่าประมาณ 2.6 ชั่วโมง แสดงว่าเป็น Mn^{56}

2 . อาร์กอน (A^{40})

กาซอาร์กอนที่มีในธรรมชาติ คือ

18 A^{36}	0.337	%
18 A^{38}	0.063	%
18 A^{40}	99.6	%



ภาพที่ 3.10 กราฟแสดง energy กับ base

A^{40} เมื่อจับนิวตรอนช้าแล้วจะกลายเป็น A^{41} ซึ่งสลายตัวให้อนุภาคบีตามีพลังงาน 1.20 , 2.49 Mev และรังสีแกมม่า 1.29 Mev[6] ด้วยเวลาครึ่งชีวิต 1.82 ชั่วโมง

ในทางปฏิบัติเอาแร่มาอาบนิวตรอนประมาณ 10 นาที แล้วนับแบบดีฟเฟอเรนเชียล ด้วย Single channel pulse height analyser เพื่อหา Energy spectrum และเวลาครึ่งชีวิต (ดังการหา Mn^{56}) จากการทดลองได้ Energy ของรังสีแกมม่าประมาณ 1.30 Mev และเวลาครึ่งชีวิต ประมาณ 1.8 ชั่วโมง ซึ่งแสดงว่าเป็น A^{41}

สำหรับ A^{40} ที่พบนี้อาจจะมาจากอากาศในขวด (vial) หรือมาจาก A^{40} ที่แทรกอยู่ในแร่อันเนื่องมาจากการเกิด K-capture ของ K^{40}

3. <u>อลูมินัมและซิลิกอน</u>

การวิเคราะห์แร่โดยวิธีอาบนิวตรอนนั้นจะพบว่าในแร่จะมี Al^{27} และ Si^{28} อยู่ด้วยเสมอ Al^{27} เมื่อทำปฏิกริยากับนิวตรอนช้าจะได้ Al^{28} ซึ่งสลายให้ทั้งอนุภาคบีตาและรังสีแกมม่า ด้วยเวลาครึ่งชีวิต 2.3 นาที สำหรับ Si^{28} เมื่อทำปฏิกริยากับนิวตรอนเร็ว (fast neutron) จะได้ Al^{28} [$Si^{28}(n,p)\ Al^{28}$] เหมือนกัน เพราะฉะนั้นถ้าเราต้องการทราบว่าในแร่มี Al^{27} หรือ Si^{28} ก็เอาสารตัวอย่างหุ้มด้วยแคดเมียม แล้วนำไปอาบนิวตรอนด้วยเวลาอาบ เวลารอ และเวลานับเท่ากับเมื่อตอนไม่หุ้มแคดเมียม จากเคาน์ท (count) ทั้งสองครั้งเราก็สามารถบอกได้ว่า แร่นั้นมี Al^{27} หรือ Si^{28} หรือมี Al^{27} กับ Si^{28} มากน้อยกว่ากันเท่าไร