

ผลการวิจัย

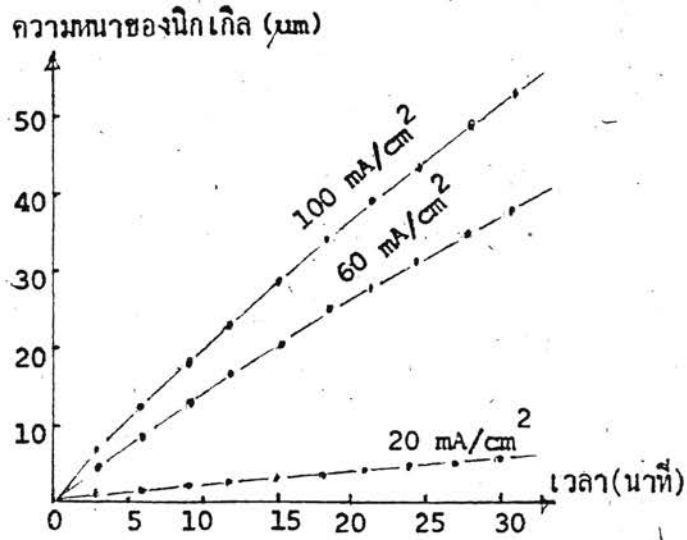
ผลการหาเงื่อนไขการชูนิกเกิลบนแผ่นทองแดง ได้ผลตามตารางที่ 5.1.3 (ก)

5.1.3 (ข) ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มีต่อการทำอิเล็กโทรดีโพสิชันยูเรเนียมบนแผ่นทองแดงชูนิกเกิลแสดงไว้ในตารางที่ 5.3 ส่วนผลการทำอิเล็กโทรดีโพสิชันยูเรเนียมบนแผ่นเหล็กไร้สนิม การหาความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม แสดงในตารางที่ 5.4.1 การหาเวลาที่ใช้ในการทำอิเล็กโทรดีโพสิชัน แสดงในตารางที่ 5.4.2 การเตรียมเส้นกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณยูเรเนียมกับความแรงรังสีอัลฟาท่วัดได้ แสดงในตารางที่ 5.4.3 การศึกษาผลถึงอุณหภูมิว่า มีผลอย่างไรต่ออัตราเร็วของการทำอิเล็กโทรดีโพสิชันของยูเรเนียม แสดงผลในตารางที่ 5.4.4 และการทดลองว่าสิ่งเจือปนมีผลอย่างไรต่อวิธีการวิเคราะห์นี้ แสดงผลในตารางที่ 5.4.5 และความเที่ยงตรงของเทคนิค อิเล็กโทรดีโพสิชันนี้ แสดงผลการทดลองในตารางที่ 5.4.6 เมื่อได้เงื่อนไขที่เหมาะสมแล้ว วิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม-235 หาค่าแฉงของพีคเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐานระหว่างพลังงานรังสีอัลฟากับจำนวนช่องของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง ซึ่งแสดงในตารางที่ 5.5.1 รูปที่ 5.5.1

ตารางที่ 5.1.3 (ก) แสดงความหนาของนิกเกิลบนแผ่นทองแดงกับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบ และเวลาที่ใช้ในการชุบนิกเกิล

เวลา (นาที)	ความหนาของนิกเกิล (μm)		
	20 mA/cm ²	60 mA/cm ²	100 mA/cm ²
3	0.5	4.9	6.9
6	1.0	8.7	12.5
9	2.4	12.5	18.2
12	2.8	16.5	24.2
15	3.4	20.2	29.8
18	4.0	23.8	34.6
21	4.7	27.6	39.6
24	5.5	30.9	44.7
27	6.0	34.4	49.2
30	6.7	37.8	54.9

เปรียบเทียบผลที่ได้จากตารางที่ 5.1.3 (ก) ด้วยกราฟรูปที่ 5.1.3 (ก) กราฟแสดงความหนาของนิกเกิลกับเวลาที่ใช้ในการชุบ เมื่อความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 20, 60 และ 100 mA/cm²

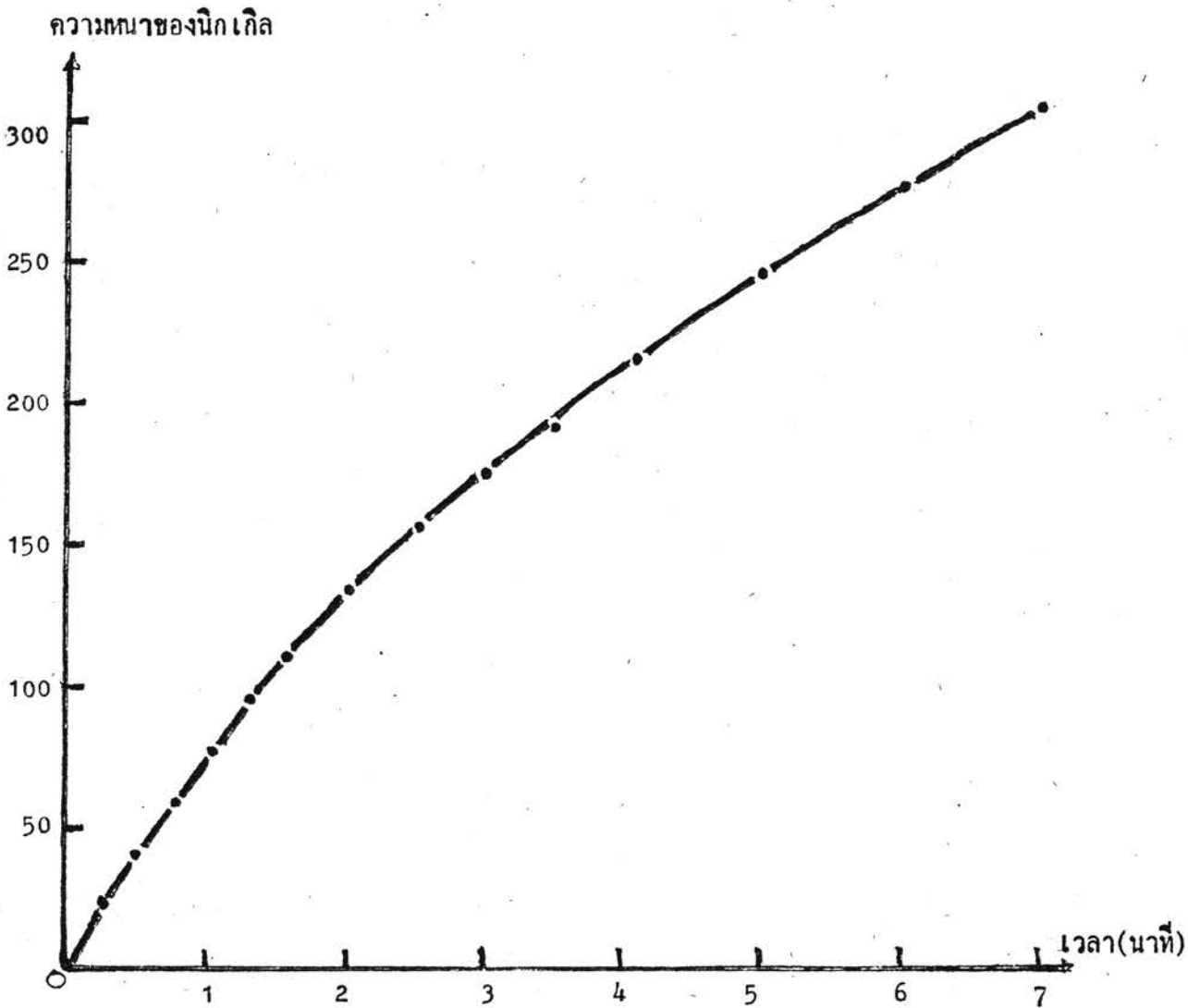


รูปที่ 5.1.3 (ก) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของนิกเกิลบนแผ่นทองแดงกับเวลาที่ใช้ในการชุบ เมื่อเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 5.1.3 (ข) แสดงความหนาของนิกเกิลบนแผ่นทองแดงกับเวลาที่ใช้ในการชุบนิกเกิล เมื่อความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 60 mA/cm^2

เวลา (นาที)	ความหนาของนิกเกิล (μm)
15	20.2
30	37.8
45	57.9
60	78.0
75	95.2
90	109.9
120	134.7
150	153.1
180	172.1
210	189.4
250	213.5
300	243.5
360	275.9
430	304.9

เปลี่ยนแปลงเวลาในการชุบ เพื่อหาความหนาของแผ่นนิกเกิล เมื่อเลือกความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า จากข้อ 5.1.3 (ก) 60 mA/cm^2 เนื่องจากความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าเหมาะสม ไม่สูงหรือต่ำเกินไป ได้ผลการทดลองที่ นิกเกิลติดแน่นและไม่เสียเวลาในการชุบมาก ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.1.3 (ข) นำผลนี้มาเขียนกราฟรูปที่ 5.1.3 (ข)



รูปที่ 5.1.3 (ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของนิกเกิลบนแผ่นทองแดงกับเวลาที่ใช้ชุบนิกเกิล เมื่อความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า = 60 mA/cm^2

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ความหนาของนิกเกิลจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามเวลาที่ใช้ในการชุบสามารถเลือกความหนาตามต้องการแล้วกำหนดเวลาในการชุบนิกเกิล ในการวิจัยนี้เลือกความหนาของแผ่นนิกเกิลประมาณ $78 \mu\text{m}$ ซึ่งใช้เวลาในการชุบนิกเกิลประมาณ 1 ชม. นำแผ่นทองแดงที่ชุบนิกเกิลแล้ว ไปใช้ในการชุบยูเรเนียมต่อไป

ตารางที่ 5.3 แสดงความแรงรังสีอัลฟาที่วัดได้จากหัววัด เซอร์เฟสเวรี เออร์บนแผ่นทองแดง
 ชุบนิกเกิด กับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (mA/cm^2)	พื้นที่ที่คยูเร เนียม-238
5	686
10	1284
15	4800
20	7552

หมายเหตุ หน่วยของพื้นที่ที่วัดคือค่าแทนงยูเร เนียม-238 เป็น Counts/ 2000 วินาที

ในการวิจัยนี้ หาเพียงแต่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มีผลอย่างไรต่อการชุบวิธีนี้
 การทดลองต่อมาได้ผลการทดลองไม่สม่ำเสมอ บางครั้งได้ผล บางครั้งไม่ได้ผล ทั้งนี้อาจ
 เนื่องจาก แผ่นทองแดงชุบนิกเกิด บางมากไม่สะดวกในการทำทำความสะอาดและชักพื้นผิว
 มีการชุบซ้ำและรอชุบไค้ง่าย อีกทั้งวิธีดังกล่าวใช้เวลามากในการชุบนี้ ในการทดลองที่จะได้ผลดี
 ควรใช้แผ่นแพลทินัมแทนแต่เนื่องจาก แพลทินัมมีราคาแพงในการวิจัยนี้จึงใช้แผ่นเหล็กโรสนิม
 แทนแผ่นแพลทินัม

5.4 อิเล็กโตรดโพซิทีฟยูเร เนียมบริสุทธิ์บนแผ่นเหล็กโรสนิม

5.4.1 การหาปริมาณความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดในการ deposit ของยูเร เนียมบนแผ่นเหล็กโรสนิม

แสดงผลการทดลองตามตารางที่ 5.4.1

ตารางที่ 5.4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีอัลฟากับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (mA/cm ²)	อัตราการนับรังสีอัลฟา (cpm)
28.3	25.96
56.6	29.26
84.9	31.04
113.2	33.06
169.8	34.94
226.4	34.66
283.0	34.16
566.0	36.22
หอยคยูเร เนียมบนแผ่นเหล็กโรสนิม ทำให้แห้ง	35.68

นำผลการทดลองจากตารางที่ 5.4.1 เขียนกราฟระหว่างความหนาแน่นกระแสไฟฟ้ากับอัตราการนับรังสีอัลฟา ได้กราฟรูปที่ 5.4.1 เลือกความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าจากกราฟ ได้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด = 170 mA/cm² นำค่านี้ไปใช้ในการทดลองต่อไป

5.4.2 การหาเวลาที่เหมาะสมเพื่อ deposit ของยูเรเนียม

ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.4.2

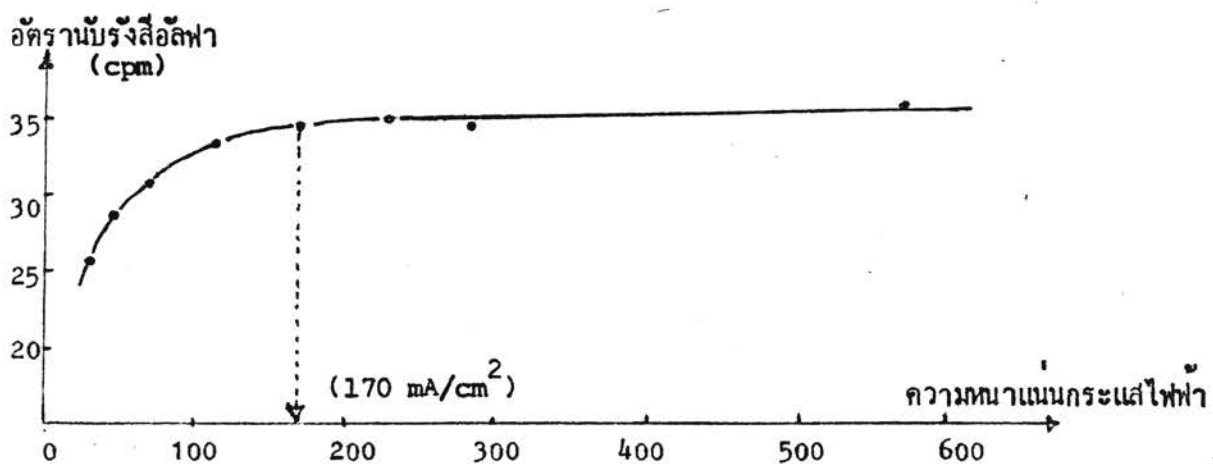
ตารางที่ 5.4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีอัลฟา กับ เวลาที่ใช้ในการทำ
อิลเลคโตรดีโพสิชัน

เวลาในการทำอิลเลคโตรดีโพสิชัน (ชั่วโมง)	อัตรานับรังสีอัลฟา (cpm)
1	28.54
2	34.44
3	35.31
4	35.43
6	34.96

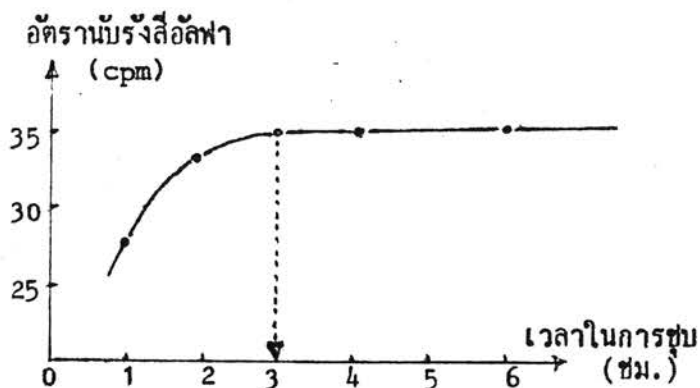
นำผลการทดลองจากตารางที่ 5.4.2 เขียนกราฟระหว่างอัตรานับรังสีอัลฟา กับ เวลาที่ใช้ทำอิลเลคโตรดีโพสิชัน จากกราฟเลือกเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการทำอิลเลคโตรดีโพสิชัน คือ 3 ชม. นำเวลานี้ไปใช้ในการทดลองต่อไป

5.4.3 การเตรียมเส้นกราฟมาตรฐาน (standard calibration curve)

ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.4.3



รูปที่ 5.4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการนับรังสีแอลฟากับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า



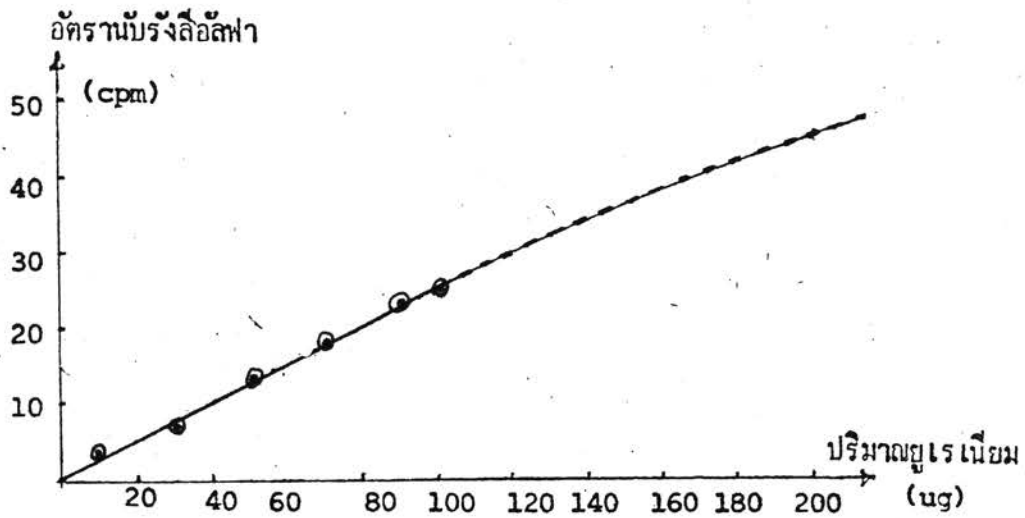
รูปที่ 5.4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการนับรังสีแอลฟากับเวลาที่ใช้ในการทำอิเล็กโตรสโคป

ตารางที่ 5.4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเรเนียมกับอัตรานับรังสีอัลฟาที่วัดได้

ปริมาณเรเนียม (μg)	อัตรานับรังสีอัลฟา (cpm)
10	3.48
30	7.34
50	13.89
70	17.60
90	23.31
100	25.34
200	45.14
ตัวอย่าง ($\frac{1}{2}$ cm ³)	14.28

นำผลการทดลองจากตารางที่ 5.4.3 นำไปเขียนกราฟรูปที่ 5.4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเรเนียมกับอัตรานับรังสีอัลฟา ได้กราฟเส้นตรงในช่วง 1-100 μg เป็นเส้นกราฟมาตรฐาน

การหาปริมาณเรเนียมในตัวอย่างที่เหลือจากขบวนการผลิตยูเรเนียม ก็ทำการทดลองวิธีเดียวกันและวัดอัตรานับรังสีอัลฟา และมาเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐานนี้ ได้ปริมาณเรเนียมเท่ากับ 118 ppm เป็นการหาปริมาณเรเนียมรวมไม่ได้แยกไอโซโทป ซึ่งมีปริมาณน้อยได้



รูปที่ 5.4.3 เส้นกราฟมาตรฐานของยูเรเนียมวัดโดยหัววัดรังสี ZnS(Ag)

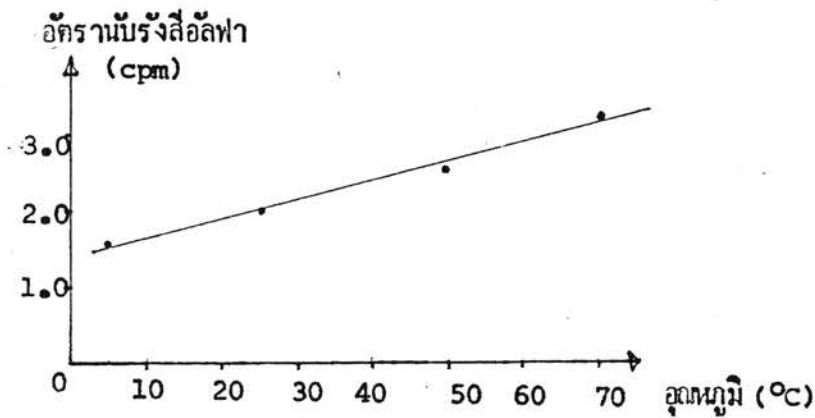
5.4.4 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราเร็วของการไอเลคโตรดโพสิชัน

ผลการทดลองตามตารางที่ 5.4.4

ตารางที่ 5.4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการไอเลคโตรดโพสิชัน

อุณหภูมิ °C	อัตราการนับรังสีอัลฟา (cpm)
5	1.60
25	2.04
50	2.50
70	3.20

นำผลการทดลองจากตารางที่ 5.4.4 นำไปเขียนกราฟรูปที่ 5.4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการนับรังสีอัลฟา ได้กราฟเส้นตรง แสดงถึง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น อัตราการไอเลคโตรดโพสิชัน จะเร็วขึ้นในเวลาการทำไอเลคโตรดโพสิชันเท่ากัน เพราะสามารถนับอัตรานับรังสีอัลฟาได้สูงกว่า เมื่ออุณหภูมิของการ deposit สูงขึ้น ดังนั้นแสดงว่า อุณหภูมิมีผลต่อการไอเลคโตรดโพสิชันของยูเรเนียม



รูปที่ 5.4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการนับรังสีอัลฟา

5.4.5 การหาผลของสิ่งเจือปน (impurity) ที่ปนอยู่ในตัวอย่างยูเรเนียม เช่น เหล็ก, วานาเดียม, โมลิบดีนัม และสารหนู ในรูปของออกไซด์ (oxide) และละลายปนไปกับสารละลายยูเรเนียม

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5.4.5

ตารางที่ 5.4.5 แสดงถึงผลของสิ่งเจือปนที่มีผลต่อการทำอิเล็กโตรทีโพซิชั่น

ยูเรเนียม + สิ่งเจือปน	อัตราการนับรังสีอัลฟา (cpm)
Fe	14.47
V	12.59
Mo	12.99
As	11.73
-	13.89

ยูเรเนียมบริสุทธิ์ 50 μg หลังจากอิเล็กโตรทีโพซิชั่น แล้ววัดอัตราการนับรังสีอัลฟาได้ 13.89 cpm. เมื่อทำการเติมสิ่งเจือปนทั้ง 4 ตัว อัตราการนับรังสีอัลฟาจะลดลงเล็กน้อย ยกเว้น Fe

หิ้งนี้อาจเนื่องมาจากการวัด มีความผิดพลาดมาจาก เครื่องวัดความแรงรังสีอัลฟา (^{210}Po) และอาจเนื่องมาจากสิ่งเจือปนเหล่านี้ไป deposit บนแผ่นเหล็กโรสซึมด้วยทำให้เกิดการบดบังยูเรเนียม ทำให้ค่าที่วัดได้ต่ำลง ที่เจาะจงธาตุ 4 ตัวนี้ เพราะสิ่งเจือปนทั้ง 4 สามารถก่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนประจุลบ (anion complex) ได้เหมือนยูเรเนียม ความที่แสดงไว้ในหัวข้อ 2.3 เวลาจะทำให้บริสุทธิ์ โดยใช้ระบบการแลกเปลี่ยนไอออน สิ่งเจือปนเหล่านี้สามารถถูกดูดและ elute ออกมาปนกับยูเรเนียมได้

5.4.6 การศึกษาถึงความแม่นยำและความเที่ยงตรงของเทคนิคอิลเลคโตรดโพสิชัน

แสดงผลในตารางที่ 5.4.6

ตารางที่ 5.4.6 แสดงอัตรานับรังสีอัลฟาที่วัดได้ในการทดลอง 20 ครั้ง

ครั้งที่	อัตรานับรังสีอัลฟา (cpm)
1	18.26
2	18.42
3	16.70
4	14.66
5	17.98
6	17.54
7	18.26
8	18.94
9	17.44
10	18.22
11	18.20
12	18.26
13	17.58

ตารางที่ 5.4.6 (ต่อ)

ครั้งที่	อัตราการรังสีอัลฟา (cpm)
14	15.62
15	17.74
16	18.32
17	18.56
18.	18.24
19	17.58
20	17.96

$$N = 20, \bar{x} = 17.674$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

$$= \sqrt{\frac{19.6766}{20}}$$

$$= 0.99$$

$$\% C.V. = \frac{0.99 \times 100}{17.674}$$

$$= 5.6$$

$$\% C.V. < 10$$

ทดสอบความเที่ยงตรง คิว % C.V. ไม่น้อยกว่า 10 แสดงว่าวิธีนี้ใช้ได้ ส่วนการหาความแม่นยำหรือความถูกต้อง (accuracy) ไม่ได้ทำการทดสอบ เนื่องจากไม่มีสารละลายมาตรฐาน ที่รูปปริมาณยูเรเนียมแน่นอน เนื่องจากจะต้องเอาสารละลายที่รูปปริมาณยูเรเนียมแน่นอนมีเท่าไร แล้วมาทำการทดลองด้วยวิธีนี้ แล้วจึงวัดและคำนวณว่าถูกต้องตามจริงหรือไม่

5.5 การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม

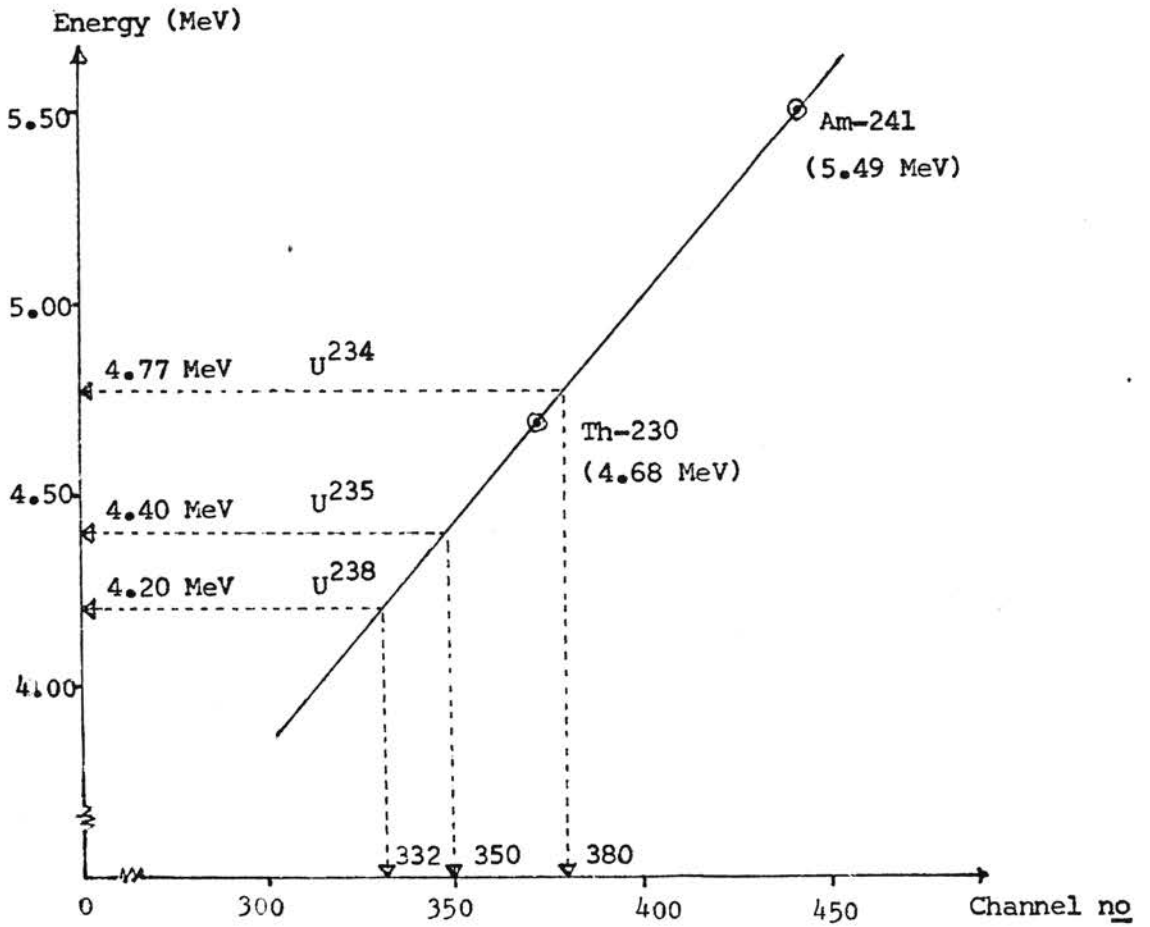
5.5.1 เตรียมเส้นกราฟมาตรฐาน ระหว่างพลังงานของรังสีอัลฟา กับจำนวนช่องของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง

ผลการทดลองตามตารางที่ 5.5.1

ตารางที่ 5.5.1. เส้นกราฟมาตรฐาน ระหว่างพลังงานรังสีอัลฟา กับตำแหน่งช่องของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง

สารมาตรฐาน	พลังงานรังสีอัลฟา (MeV)	Channel no
Th-230	4.68	373
Am-241	5.49	440

นำผลจากตารางที่ 5.5.1 มาวาดกราฟได้เส้นกราฟมาตรฐาน รูปที่ 5.5.1



รูปที่ 5.5.1 เส้นกราฟมาตรฐานระหว่างพลังงานรังสีอัลฟากับ channel no (standard calibration curve)

5.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม-234 ยูเรเนียม-235 และยูเรเนียม-238

จากสเปกตรัม รูปที่ 5.5.2 (ก), (ข), (ค) หาพื้นที่ที่ฟีก ยูเรเนียม-234 ยูเรเนียม-235 และยูเรเนียม-238

การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม-234

1) ยูเรเนียมธรรมชาติ 53 ug วัตรงังสี่อัลฟาเป็นเวลา 8×10^4 วินาที มีฟีกของยูเรเนียม-234 เกิดที่ channel no 366-388 นับค่า counts ดังนี้

366	61	85	105	125	123	164	223	271
374	344	439	573	666	758	816	854	881
382	766	603	433	319	165	68	19	

พื้นที่ที่ฟีก U-234 ในตัวอย่างยูเรเนียมธรรมชาติ=8861-920

$$= 7941 \pm 98.90 \text{ counts}/8 \times 10^4 \text{ sec}$$

2) คัลลีทยูเรเนียม 50 ug วัตรงังสี่อัลฟาเป็นเวลา 8×10^4 วินาที มีฟีกของยูเรเนียม-234 เกิดที่ channel no 367-386 นับค่า counts ดังนี้

367	33	74	72	69	113	154	159	213
375	222	274	282	327	354	340	317	332
383	265	175	84	17				

พื้นที่ที่ฟีก U-234 ในตัวอย่างคัลลีทยูเรเนียม=3876-500

$$= 3376 \pm 66.15 \text{ counts}/8 \times 10^4 \text{ sec}$$

เนื่องจากในธรรมชาติมีปริมาณยูเรเนียม-234

$$= 0.0057 \% \quad (16)$$

ดังนั้นในตัวอย่างคัลลีทยูเรเนียมนี้ ควรจะมี U-234 = $0.0057 \times \frac{3376}{7941} \times \frac{53}{50}$

$$= 0.00257 \%$$

$$= 0.0026 \pm 0.0001 \%$$

การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม-235

1) ยูเรเนียมธรรมชาติ 53 ug วัดรังสีอัลฟาเป็นเวลา 8×10^4 วินาที
มีพีคของยูเรเนียม-235 เกิดที่ channel no 345-355 นับค่า counts ดังนี้

345	16	34	40	36	34	35	32	35
353	26	21	16					

พื้นที่ใต้พีค U-235 ในตัวอย่างยูเรเนียมธรรมชาติ = 325-176

$$= 149 \pm 22.39 \text{ counts}/8 \times 10^4 \text{ sec}$$

ถ้าตัวอย่าง 50 ug ควรจะมีพื้นที่พีค $149 \times \frac{50}{53} \times \frac{12 \times 10^4}{8 \times 10^4}$

$$= 210.85 \pm 31.67 \text{ counts}/12 \times 10^4 \text{ sec}$$

2) คิปลิเทียม 50 ug วัดรังสีอัลฟาเป็นเวลา 12×10^4 วินาที
มีพีคของยูเรเนียม-235 เกิดที่ channel no 348-358 นับค่า counts ดังนี้

348	21	21	23	35	47	26	28	26
356	23	20	18					

พื้นที่ใต้พีค U-235 ในตัวอย่างคิปลิเทียม = 288-214.5

$$= 73.50 \pm 22.41 \text{ counts}/12 \times 10^4 \text{ sec}$$

เนื่องจากในธรรมชาติมีปริมาณยูเรเนียม-235 = 0.7196⁽²⁵⁾

$$\text{ดังนั้นในตัวอย่างคิปลิเทียมนี้ควรมี U-235} = \frac{0.7196 \times 73.50}{210.85}$$

$$= 0.2508 \%$$

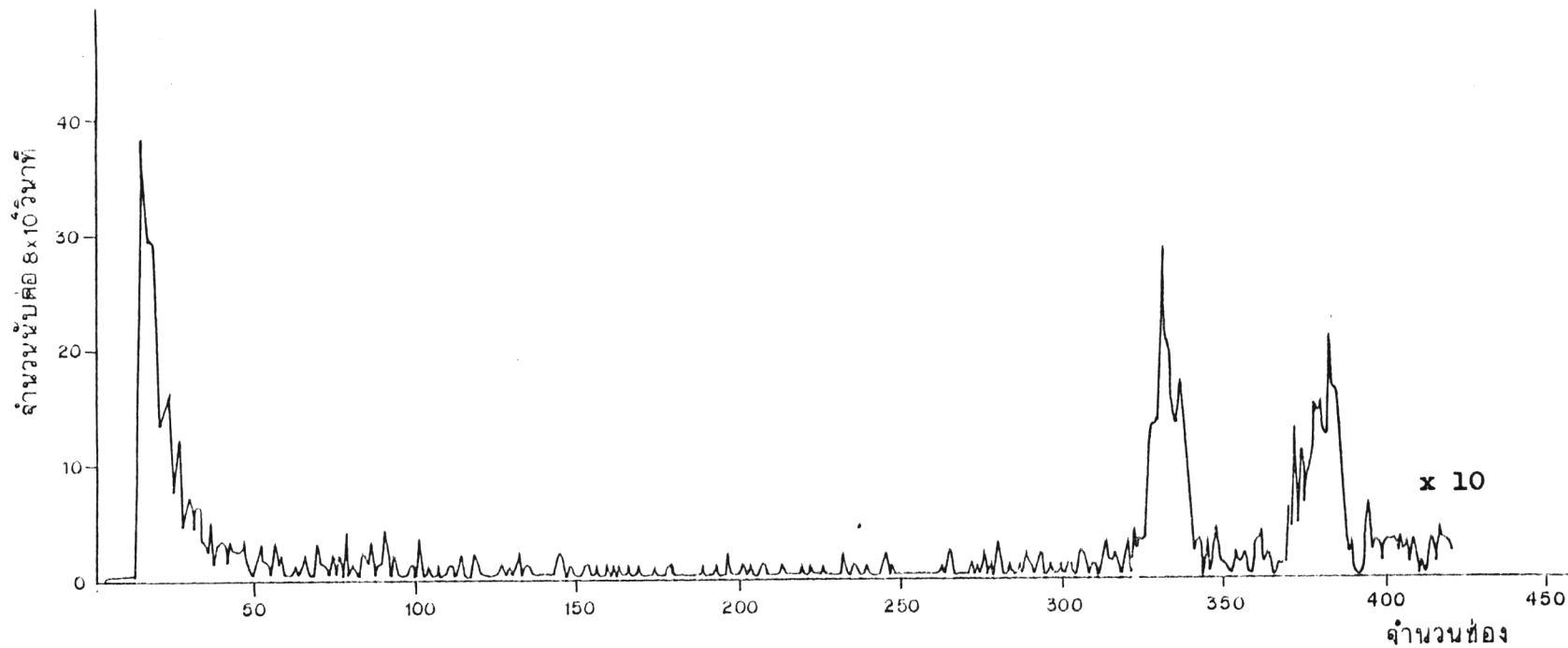
$$= 0.251 \pm 0.085 \%$$

การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม-238

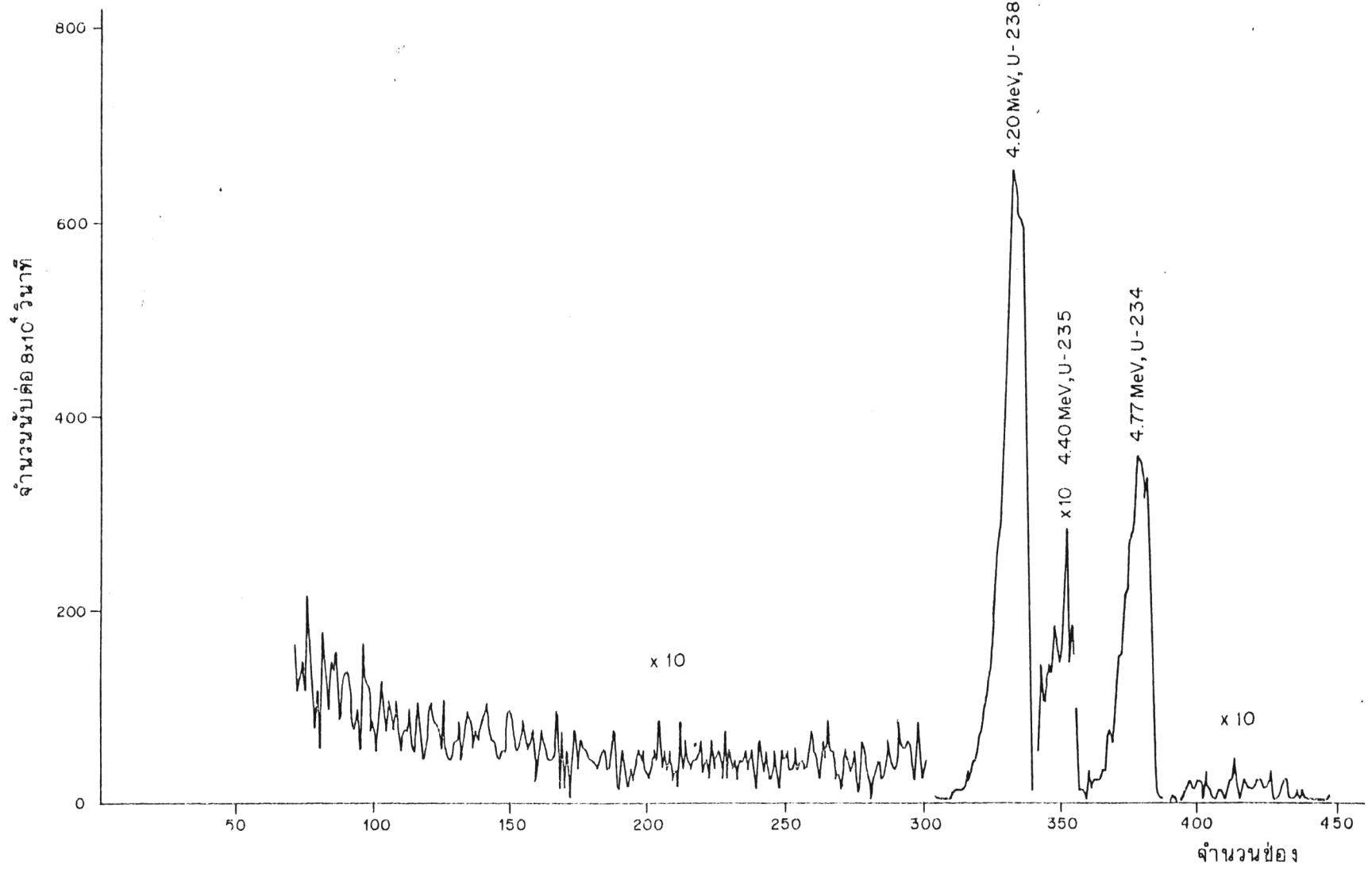
$$\text{ในตัวอย่างคิปลิเทียมนี้ควรมี U-238} = 100 - 0.251 - 0.0026$$

$$= 99.7474 \%$$

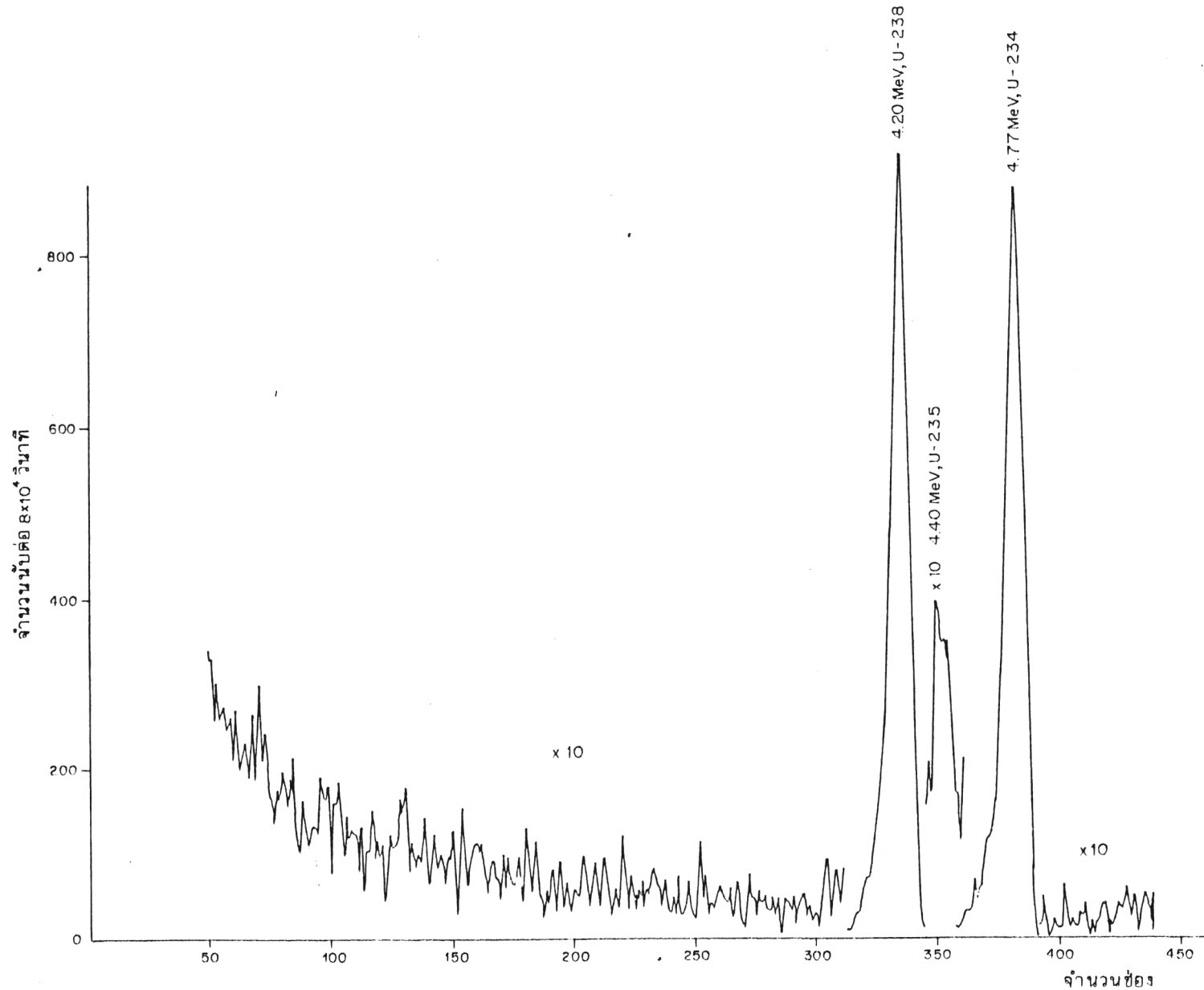
$$= 99.747 \pm 0.085 \%$$



รูปที่ 5.5.2 (ก) แสดงลูปเบคกราวด์ของแบคกราวด์ (background) ที่วัดได้จากหัววัดรังสีเปอร์เฟลแบรีเออร์



รูปที่ 5.5 2 (ข) แสดงสเปกตรัมอัลฟาที่วัดได้จากดีฟิสิกส์เรเนียม 50 μg . โดยหิวัดรังสีเซอร์เฟลแบร์เจอร์



รูปที่ 5.5.2 (ค) แสดงสเปกตรัมอัลฟาที่วัดได้จากยูเรเนียมธรรมชาติ 53 มก. โดยห้วัดรังสีเซอร์เฟลแบเรียเจอร์