

530.4
ส 2450
๑๖

การศึกษารอยของอนุภาคอัลฟาที่เกิดจากยูเรเนียมและซอไรียม
โดยวิธีแทรก - เหน็บ

ปริญญาโท

ของ

สุปรานี มหาแสง

- 3 ก.พ. 2526

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 พระโขนง กรุงเทพฯ 11 โทร. 3921575, 3915058

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้า

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กันยายน 2524

150572

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวผู้สอบ และคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปฏิญานที่แนบ
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นสำเนาหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาหาได้หิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒโค.

คณะกรรมการที่ปรึกษา

คณะกรรมการสอบ

ศิริ วัฒนวิมล ประธาน
ปรีดา วัฒนวิมล กรรมการ

ศิริ วัฒนวิมล ประธาน
ปรีดา วัฒนวิมล กรรมการ
ศิริ วัฒนวิมล กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรีย์ แขวงโสภา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีชา การสุทธิ และอาจารย์นิล จิตวิฆนากร ในการให้คำแนะนำและตรวจแก้ไข จนกระทั่งปัญหานี้บรรลุถึงความสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยจึง ขอขอบพระคุณทั้งสามท่านไว้ ณ โอกาสนี้

อนึ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์สุวรรณ์ แสงเพชร หัวหน้าภาควิชาชีวเคมีและเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ใช้เครื่องทดลองตลอดจนอุปกรณ์ในการทดลอง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคการทดลอง ตลอดจนความสะดวกต่าง ๆ จากอาจารย์เนเรศร์ จินคนขาว และอาจารย์ระชัย บัญชรเทวกุล จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สุปราณี มหาแสน

สารบัญ

บทที่	หน้า	
1	บทนำ	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	4
	กานิยามศัพท์เฉพาะ	4
	ขอบเขตของการวิจัย	5
2	ทฤษฎี	6
	อนุภาคอัลฟา	6
	ต้นกำเนิดอนุภาคอัลฟา	6
	อันตรกิริยาของอนุภาคอัลฟากับสสาร	7
	พิษของอนุภาคอัลฟา	9
	ทฤษฎีการแทรก เออร์	12
	กลไกการ เกิดรอย	12
	การ กักรอย	14
3.	วิธีดำเนินการและการวิเคราะห์ผล	16
	ขั้นตอนการดำเนินการ	16
	การอาบรังสี	17
	การ กักรอยบนแผ่นฟิล์ม	18
	การตรวจนับรอย	18
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล	20
	ระยะเวลาที่เหมาะสมของการ เกิดรอย (อาบรังสี)	22
	ระยะเวลาที่เหมาะสมของการ กักรอย	27

ขบวนการสัมพัทธ์ศูนย์กลางรวมที่ เกิดจากภาวะเรดอน การสโรซอน และการผสม	29
บทที่ ๑ โทษการผสมของแผ่นวัสดุที่ต่างกันในอนุภาคอัลฟา จาก ภาวะเรดอน การสโรซอน และการผสม	33
การวิเคราะห์ปริมาณธาตุ เร เป็นองค์ประกอบ เรียม เมื่อคำนวณแผ่น วัสดุที่มี	43
4 รูป อภิปรายผล และข้อสังเกต	49
สรุปผลการทดลอง	49
อภิปรายผลการทดลอง	50
ข้อสังเกต	54
บรรณานุกรม	57

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงค่า mean excitation potential ของกาซบางชนิด	8
2 แสดงผลการนับรอยอนุภาคอัลฟาจากกาซผสมเมื่อถักรอยด้วย NaOH เข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 นาที ที่ระยะเวลา ของการอาบรังสีต่าง ๆ กัน	22
3 แสดงผลการนับรอยอนุภาคอัลฟา จากกาซผสมเมื่อถักรอยด้วย NaOH เข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 40 นาที ที่ระยะเวลา ของการอาบรังสีต่าง ๆ กัน	23
4 แสดงผลการนับรอยอนุภาคอัลฟาจากกาซผสมเมื่อถักรอยด้วย NaOH เข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 50 นาที ที่ระยะเวลา ของการอาบรังสีต่าง ๆ กัน	24
5 แสดงผลการนับรอยอนุภาคอัลฟาจากกาซผสมเมื่อถักรอยด้วย NaOH เข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 60 นาที ที่ระยะเวลา ของการอาบรังสีต่าง ๆ กัน	25
6 แสดงผลการนับรอยอนุภาคอัลฟาจากกาซผสมเมื่อถักรอยด้วย NaOH เข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิ 60°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน	27
7 แสดงผลการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟา เนื่องจากกาซ เรกอน กาซโพโลน และกาซผสม	29
8 แสดงผลการนับอนุภาคอัลฟาจากกาซเรกอน ด้วยแผ่นอะลูมิเนียม	34
9 แสดงผลการนับอนุภาคอัลฟาจากกาซโพโลน ด้วยแผ่นอะลูมิเนียม	35
10 แสดงผลการนับอนุภาคอัลฟาจากกาซผสม ด้วยแผ่นอะลูมิเนียม	35

11	แสดงผลการกั้นกาชเรลดอน กาชโรซอน และกาชผสม กายแผ่น มายสาร	38
12	แสดงผลการกั้นเนกาดัลลาจากกาชเรลดอน กายกระลาขความ พหุทาง ๆ กัน	39
13	แสดงผลการกั้นเนกาดัลลาจากกาชโรซอน กายกระลาขความ พหุทาง ๆ กัน	40
14	แสดงผลการกั้นเนกาดัลลาจากกาชผสม กายกระลาขความ พหุทาง ๆ กัน	41
15	แสดงความหนาแน่นรอยของเนกาดัลลา อามริงซี่จาก S-1 S-2 และ 2-3 เมื่อใส่กั้นกายแผ่นอะลูมิเนียม	44
16	แสดงผลการกั้นเนกาดัลลาจากกาชเรลดอน กาชโรซอน และ กาชผสม กั้นกายแผ่นอะลูมิเนียม อามริงซี่ เสนกราฟ	46
17	แสดงผลการวิเคราะห์ภาคอะเร เนียงโมเนเร่ เมื่อกั้นกายแผ่น อะลูมิเนียม เปรียบเทียบกับวิธีแทนนาค สเปกโตรเมทรี	48

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การสูญเสียพลังงานของอนุภาคอัลฟา/ที่โม่งหน่วย ระยะทางใน เซลล์ไอโซโทปในเครื่อง	8
2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยของอนุภาคอัลฟา และโปรตอน กับพลังงานในอากาศแห้ง ที่อุณหภูมิ 15°C ความดัน 1 บรรยากาศ	10
3 พิสัยของ ${}^3_2\text{He}$ และ ${}^4_2\text{He}$ ในเซลล์ไอโซโทปในเครื่อง CA 8015 และนายสาร	11
4 แผนภาพ อธิบายกลไกการ เกิดรอย	13
5 แสดงการ เกิดรอยในเซลล์ไอโซโทปในเครื่อง เนื่องจากอนุภาคอัลฟา	14
6 แผนภาพแสดงการ กัก รัยของอนุภาคบนแผ่นวัสดุบันทึก รอย	15
7 แสดงการ อารรังสี	17
8 แสดงอุปกรณ์ ในการ กัก รอย	19
9 แสดงลักษณะการ รมสี เบลูมจิกูรัส มอง เห็นจากกล้องจุลทรรศน์ ที่ใช้ในการตรวจ รอย	20
10 แสดงความหนาแน่นรอยของอนุภาคอัลฟา จากการผสมบนแผ่น ฟิล์ม CN-85 เมื่อ กัก รอยด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 นาที 40 นาที 50 นาที และ 60 นาที	26
11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยของอนุภาคอัลฟา จากการผสม บนแผ่นฟิล์ม CN-85 กัก รยระยะเวลาของการ กัก รอยด้วยสาร ละลาย NaOH เข้มข้น 1% อุณหภูมิ 60°C	28

12	แสดงผลการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟาจากก๊าซ เรดอนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบไซส์ (Zeiss) กำลัง ขยาย 1,250 เท่า	30
13	แสดงผลการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟาจากก๊าซ โพธอนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบไซส์ (Zeiss) กำลัง ขยาย 1,250 เท่า	31
14	แสดงผลการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟาจากก๊าซ ผสมด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบไซส์ (Zeiss) กำลัง ขยาย 1,250 เท่า	32
15	แสดงผลการกั้นอนุภาคอัลฟาจากก๊าซเรดอน ก๊าซโพธอน และ ก๊าซผสมด้วยแผ่นอะลูมิเนียม	36
16	แสดงผลการกั้นอนุภาคอัลฟาจากก๊าซเรดอน ก๊าซโพธอน และ ก๊าซผสมด้วยแผ่นกระดาษ	42
17	ผลการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมและทอเรียมในแร่โมทาไรต์ จากเหมืองแร่คิมโบในทะเล จ.พังงา เพื่อค้นหายแผ่นอะลูมิเนียม	45
18	แสดงรอยของอนุภาคอัลฟาที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม แบบ CN-85 ที่กรองด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 60° C เป็นเวลา 40 นาที (ก) จากก๊าซเรดอน (ข) จากก๊าซโพธอน (ค) จากก๊าซผสม	52

บทนำ

ยูเรเนียมและทอเรียมมีความสำคัญต่อวงการพลังงานมาก ในกรณีที่เชื้อเพลิงอย่างอื่น ๆ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ นับวันจะน้อยลงทุกที และหมดไปจากโลกในที่สุด ยูเรเนียมและทอเรียมมีบทบาทในการ เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ซึ่งคาดว่าจะ เป็นแหล่งพลังงาน ที่มีคุณภาพหาศาลอีกแหล่งหนึ่ง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามหาวิธีสำรวจ เพื่อนำเอา ยูเรเนียมและทอเรียมขึ้นมาใช้ การสำรวจทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่น่าสนใจคือ การตรวจวัดกัมมันตรังสีของยูเรเนียมและทอเรียมเป็นต้นกำเนิดกัมมันตรังสีเรดอน ($^{86}\text{Rn}^{222}$) และกัมมันตรังสีเรดอน ($^{86}\text{Rn}^{220}$) ซึ่งสลายตัวให้อนุภาคอัลฟา พลังงาน 5.49 MeV. และ 6.29 MeV. ตามลำดับ

ยูเรเนียมและทอเรียมมักพบอยู่รวมกันในแร่บางชนิด เช่นในแร่ โมนาไซต์ (monazite) และซามาร์สไกต์ (samarskite) ดังนั้นในการสำรวจ ยูเรเนียมในดิน โดยการวัดกัมมันตรังสีเรดอน ที่ฝังตัวไว้จึงไม่สามารถวัดกัมมันตรังสีเรดอนได้แน่นอน เพราะเวลาที่วัดได้มี เรดอนปนอยู่ด้วย เครื่องมือตรวจวัดกัมมันตรังสีเรดอนมีหลายชนิด ดังนี้

1. อีเล็กโทรสโคปใบแอมแปนทอง (Gold-leaf electroscope) การวัดกัมมันตรังสีเรดอนมีกัมมันตภาพ จำนวนไอออนแพร์ (ion-pair) จะ เป็นฟังก์ชันโดยตรงกับปริมาณอนุภาค อัลฟา (α) ที่เกิดขึ้น และมีไอออนแพร์ เนื่องจากรังสีเบตา (β) และรังสีแกมมา (γ) ปนอยู่ด้วย จึงทำให้ค่าที่วัดได้ไม่ถูกต้องแน่นอน
2. ไอออนไนเซชันแชมเบอร์ (ionization chamber) บอกค่ากระแสไฟฟ้า เป็นฟังก์ชันโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ผ่านเข้าไป รังสีต่างชนิดกันจะมีกำลังของการเกิดไอออน (ionization power) ต่างกัน จึงบอกชนิดของรังสีที่ผ่านเข้าไปได้
3. เครื่องนับรังสีอัลฟาแบบซัลไฟด์สังกะสี (Zinc sulphide scintillation counter) โดยอาศัยปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (photoelectric effect)

4. อัลฟาไมเตอร์ (Alphameter) เป็นเครื่องมือที่บอกค่าของการวัดออกมาเป็นจำนวนนับต่อ 1 หน่วยเวลา (cpm) ซึ่งใช้หัววัดเป็นโซลิดสเตทเทคเตอร์ (Solid state Detector)

5. ถ้วยสารวอยูเร เนียมแอมเบเรค - เซทซ์ (Track-etch cups) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแยกขอบทรวงเนื่องจากความไม่แน่นอนในการวัดของอิเล็กทรอนิกส์ โดยแบบแผนของความไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายของไอออนในเซชันแอมเบอร์และเครื่องวัดรังสีอัลฟาชนิดเลชันชนิดฟิล์มซิลิโคน และความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงของอัลฟาไมเตอร์

ในต่างประเทศได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการใช้วัสดุบันทึกรอยเป็นเครื่องมือในการตรวจวัดกษาเรอออกมาขาย ทั้งที่ใช้เป็นโซลิดสเตทเทคเตอร์และไอเล็กทรอนิกส์เทคเตอร์ งานวิจัยที่สำคัญอันหนึ่งได้แก่ การสารวอยูเร เนียมแอม BARC TEFUREX ของไอเซอร์และเรโอ ซึ่งนำพลาสติกเทคเตอร์ที่มีความไวในการบันทึกของอนุภาคอัลฟาอย่างถาวรมาใช้ในการทดลองที่ BARC ประเทศอินเดีย โดยฝังถ้วยสารวไว้ในดินลึกระมาณ 0.6 เมตร เป็นระยะ ๆ ห่างกันประมาณ 50 เมตร ทั้งไว้ 4 สัปดาห์ พบว่าความหนาแน่นรอยที่ปรากฏบนพลาสติกเทคเตอร์ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณกษาเรอในดิน ข้อดีของการสารววจนคือไม่ต้องการถึงความแปรปรวนของอิเล็กทรอนิกส์ และสะดวกในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์วัด (Iyer and Reo. 1976 : 1, 3, 6, 8) ผลการวิจัยนี้ตรงกับผลการวิจัยของกินริช และฟิชเชอร์ ซึ่งทำการศึกษาที่รัฐคาลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา (Gingrich and Fisher. 1976 : 113 - 227)

คาทอนและคะไนท์ใช้แผ่นฟิล์ม CA 80-15 และ LR-115 เซลลูโลสไนเตรท (CA 80-15 cellulose nitrate และ LR-115 cellulose nitrate) เป็นวัสดุบันทึกรอย พบว่า แผ่นฟิล์มทั้งสองชนิดแสดงให้เห็นได้เช่นเดียวกับว่า อัตราการเกิดและการเพิ่มรอยของอนุภาคอัลฟาที่สลายตัวจากกษาเรอคอน แตกต่างจากอนุภาคอัลฟาที่สลายตัวจากกษาเรอคอน (Khan and Others. 1977 : 712 - 731)

ในประเทศไทยได้มีการวิจัยและสารวอยูเร เนียมควิวินแอมเบเรค - เซทซ์ โดยใช้ถ้วยแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท แบบ LR-115 ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

เข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 40 นาที พบว่าความไวในการบันทึกของบนแผ่นฟิล์มด้วยวิธีนี้ประสิทธิภาพสูงกว่าหรืออย่างน้อยที่สุดก็เท่ากับอัลตราไวท์เตอร์ และความหนาแน่นรองที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม เป็นฟังก์ชันของปริมาณยูเรเนียม ซึ่งหมายความว่า การตรวจวัดกัมมันตรังสีด้วยวิธีนี้ - เอทซ์ สามารถบอกปริมาณความเข้มข้นและตำแหน่งของแร่ยูเรเนียม (Uranium ore body) รวมทั้งการกระจายของแร่ทอริโอโคโคโค ซึ่ง เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเจาะสำรวจ และยังใช้เคลือบใช้บนแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรท (cellulose nitrate) และแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสอะซิเตท (cellulose acetate) เป็นวัสดุบันทึกด้วย พบว่าแบบแรก มีความไวในการบันทึกของอนุภาคอัลฟา มากกว่าแบบหลัง (นเรศวร จันทนชาว 2523 : 76)

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งขยายงานวิจัยของนเรศวร จันทนชาว ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจยูเรเนียมโดยวิธีเอทซ์ - เอทซ์ (นเรศวร จันทนชาว 2523, 87 หน้า) ในกรอบของโครงการศึกษาการแยกย่อยของอนุภาคอัลฟาที่เกิดจากยูเรเนียมและธอเรียม เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณยูเรเนียมในตะกั่วให้ผลดียิ่งขึ้น จึงได้เลือกใช้วิธีการตรวจวัดกัมมันตรังสีด้วยสารละลายยูเรเนียมแบบเอทซ์ - เอทซ์ โดยใช้แผ่นฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรทแบบ CN-85 เป็นวัสดุบันทึกด้วย เนื่องจากสามารถบอกความแตกต่างระหว่างรอยของอนุภาคอัลฟาจากการสลายตัวของกัมมันตรังสีและกัมมันตรังสีอื่นได้เช่นเดียวกับแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรทแบบ LR-115 แต่สะดวกในการตรวจนับ รอยมากกว่า

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการเกิดรอยบนแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรทแบบ CN-85 เนื่องจากยูเรเนียมและธอเรียม
2. เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการเกิดรอยบนแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสไนเตรทแบบ CN-85 ด้วยสารละลายไอโซโทปไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 60°C
3. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรอยของอนุภาคอัลฟาจากยูเรเนียมและธอเรียม

4. เพื่อศึกษาการแยก รอยของอนุภาคอัลฟาจากยูเรเนียมและธอเรียม ที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสในเทรท เมื่อกันด้วยแผ่นอะลูมิเนียม มายลาร์ และ กระดาษ
5. เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมในแร่ โดยการเปรียบเทียบความหนาแน่นรอยของอนุภาคอัลฟาจากการสลายตัวของกษเร คอน

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นประโยชน์ในการสำรวจ ยูเรเนียมและธอเรียมในธรรมชาติด้วยวิธีที่ประหยัด
2. เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมในพื้นที่ในธรรมชาติ
3. เป็นแนวทางในการสร้าง เครื่องวัดปริมาณรังสีอัลฟาประจำตัวบุคคล ตลอดจนออกแบบเครื่องวัดปริมาณรังสีอัลฟาแบบง่าย ๆ ในห้องปฏิบัติการทั่วไป

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. รอยของอนุภาคอัลฟาที่เกิดจากยูเรเนียมและธอเรียม หมายถึงรอยที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสในเทรท เนื่องจากการสลายตัวของกษเร คอนและกษเร โธเรียม
2. ความแตกต่างระหว่างรอยของอนุภาคอัลฟา หมายถึงลักษณะรอยและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟา จากการสลายตัวของกษเร คอนและกษเร โธเรียม
3. วิธีการแทรค - เอทช์ (track-etch method) หมายถึงขบวนการที่เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคที่พุ่งจู่ผ่านวัสดุซึ่งเป็นฉนวน เช่น แก้ว มายลาร์ โปลิก และพลาสติก จะเกิดรอยเล็ก ๆ ขึ้นตามทางที่อนุภาควิ่งผ่าน มองเห็นโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ถ้านำวัสดุทิ้งทิ้งไว้ในสารละลายเคมีที่มีความเข้มข้นและอุณหภูมิเหมาะสม เช่น NaOH เข้มข้น 10% (2.5 นอร์มอล) อุณหภูมิ 60°C หรือ KOH เข้มข้น 6.5 นอร์มอล อุณหภูมิ 60°C เพื่อกัดขยบรอยให้ใหญ่ขึ้น ก็จะสามารถมองเห็นโดยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (Fleischer, Price and Walker, 1965 : 1 - 28)

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ กระทำเพื่อหาปริมาณการภาคีความถี่ของนิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ พุทธมณฑลมหาวิทาลัย
2. สารตัวอย่าง

สารตัวอย่างยูเรเนียม เป็นยูเรเนียม จากอำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

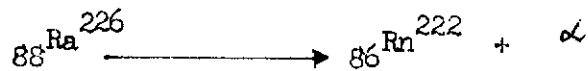
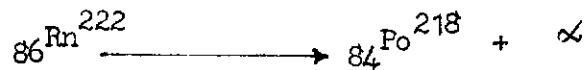
สารตัวอย่างซอเวียม เป็นสารเคมีในรูปซอเวียมไดออกไซด์ ความเข้มข้น 99.8 % จากบริษัท BDX จำกัด

ตัวอย่างแร่ไมนาไซด์ เป็นแร่จากเหมืองแร่ตะกั่วในทะเล จังหวัดพังงา
3. แร่ยูเรเนียมมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม ได้จาก IAEA (International Atomic Energy Agency) ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นของยูเรเนียม ไดออกไซด์ 0.527%
4. วัสดุที่ใช้เพื่อแยกย่อยของอนุภาคอัลฟาจากยูเรเนียมและซอเวียม ได้แก่ แผ่นอะลูมิเนียม ปลายดาร์ และกระดาษ
5. วัสดุที่ใช้ในการนับที่หอย ไดแก แผ่นฟิล์มเซลลูโลสไนเทรท แบบ CN-85

1. อนุภาคอัลฟา (alpha particle, α)

ก. ต้นกำเนิดอนุภาคอัลฟา (alpha particle source)

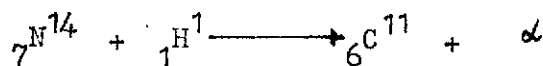
อนุภาคอัลฟา คือนิวเคลียสของอะตอมฮีเลียม (${}^4_2\text{He}$) ซึ่งนิยมเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ α ประกอบด้วย นิวตรอนและโปรตอนอย่างละ 2 ตัว มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ขนาดเท่ากับ $2e$ ในธรรมชาติทั่วไป อนุภาคอัลฟาส่วนใหญ่เกิดจากการสลายตัวของธาตุที่มีเลขอะตอมสูงกว่า 82 (ตั้งแต่บิสมัทขึ้นไป) เช่น เรกอน - 222 (${}^{222}_{86}\text{Rn}$), เรเดียม - 226 (${}^{226}_{88}\text{Ra}$) และอเมอริเซียม - 241 (${}^{241}_{95}\text{Am}$) เป็นต้น ดังสมการต่อไปนี้



พลังงานของอนุภาคอัลฟาที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 4 - 9 MeV นอกจากนี้ อนุภาคอัลฟายังเกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์อื่น ๆ เช่น ปฏิกิริยา (n, α) ตัวอย่างเช่น



และปฏิกิริยา (p, α) ตัวอย่างเช่น



ข. อันตรกิริยา (interaction) ของอนุภาคอัลฟากับตัวกลาง

เมื่ออนุภาคอัลฟาเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางใด ๆ จะสูญเสียพลังงานเกือบทั้งหมด ในการชนกับอิเล็กตรอนของตัวกลาง เป็นผลให้มีการเกิดไอออนและการกระตุ้น (ionization and excitation) การสูญเสียพลังงานทั้งหมดกลายเป็นไปอย่างรวดเร็ว อนุภาคอัลฟาจึงมี อัตราการทะลุทะลวงต่ำ อนุภาคอัลฟาจะรวมกับอิเล็กตรอนกลายเป็นอะตอมที่เป็นกลางของฮีเลียม ในที่สุด

เนื่องจากอนุภาคอัลฟามีมวลมากเมื่อเทียบกับอิเล็กตรอน ดังนั้นในการชนกับอิเล็กตรอน ของตัวกลางแทบจะไม่ทำให้อนุภาคอัลฟาเคลื่อนที่เบี่ยงเบนออกจากทิศทางเดิมเลย จึงถือว่า อนุภาคอัลฟามีทางเดินเป็นเส้นตรง

การสูญเสียพลังงานของอนุภาคหนักที่มีประจุ (heavy charged particle) ต่อสิ่งกีดขวางระยะทาง เป็นไปตามสมการที่ เบเท (Bethe) และ บล็อก (Bloch) แสดงไว้ดังนี้ (Lapp and Andrews, 1972 : 264)

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 N Z}{m_0 v^2} \left[\ln \frac{2m_0 v^2}{I} - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right] \dots\dots\dots (1)$$

- เมื่อ ze คือ ประจุของอนุภาค (esu)
- m_0 คือ มวลนิ่ง (rest mass) ของอิเล็กตรอน (g)
- N คือ ความหนาแน่นอะตอมของตัวกลาง (cm^{-3})
- Z คือ เลขอะตอม (atomic number) ของตัวกลาง
- v คือ ความเร็วของอนุภาค (cm/sec)
- c คือ ความเร็วของแสงในสุญญากาศ (cm/sec)
- β คือ v/c
- I คือ ค่าศักย์ภาพกระตุ้นเฉลี่ย (mean excitation potential) ของตัวกลาง ซึ่งมีค่าจำกัดเฉพาะแต่ละกาซ ดังแสดงในตาราง 1 (Knop and Paul, 1975)

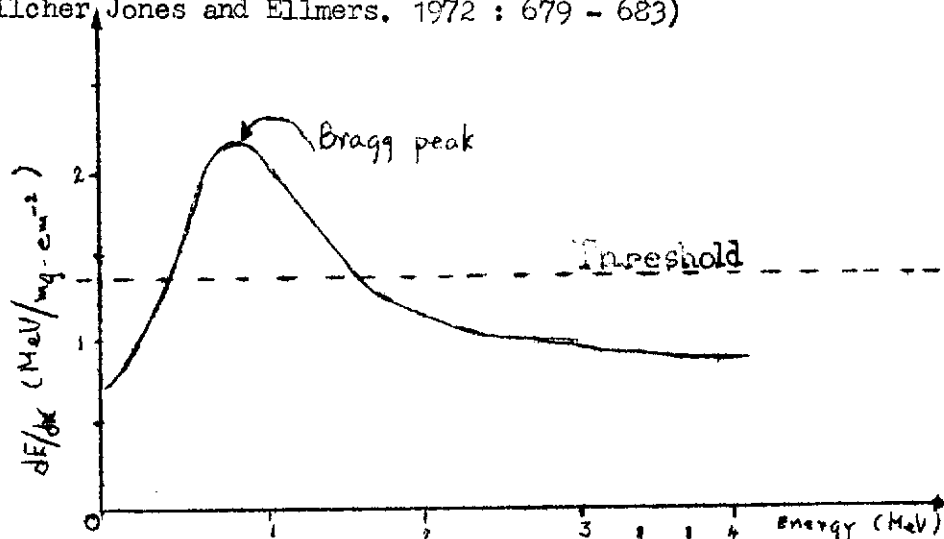
ตาราง 1 ค่า mean excitation potential ของแก๊สต่างชนิด

Gas	Z	I(eV)	I/Z
H ₂	1	16.5	16.5
He	2	36.0	18.0
N ₂	7	81.2	11.6
air	7.22	30.1	11.1
CO ₂	7.35	118.0	16.0
O ₂	8	91.2	11.4

สำหรับอนุภาคอัลฟาพลังงานจลน์ E MeV การสูญเสียพลังงาน/หนึ่งหน่วยระยะทาง (MeV/cm) หาได้จาก

$$-\frac{dE}{dx} = 3.79 \times 10^{-21} \frac{NZ}{E} \left[\ln \frac{2m_0 v^2}{I} - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right] \quad (2)$$

การสูญเสียพลังงานในเซลล์ไอโอดีในแก๊ส (dE/dx) แสดงได้ดังภาพประกอบ 1 (Pilcher, Jones and Ellmers, 1972 : 679 - 683)



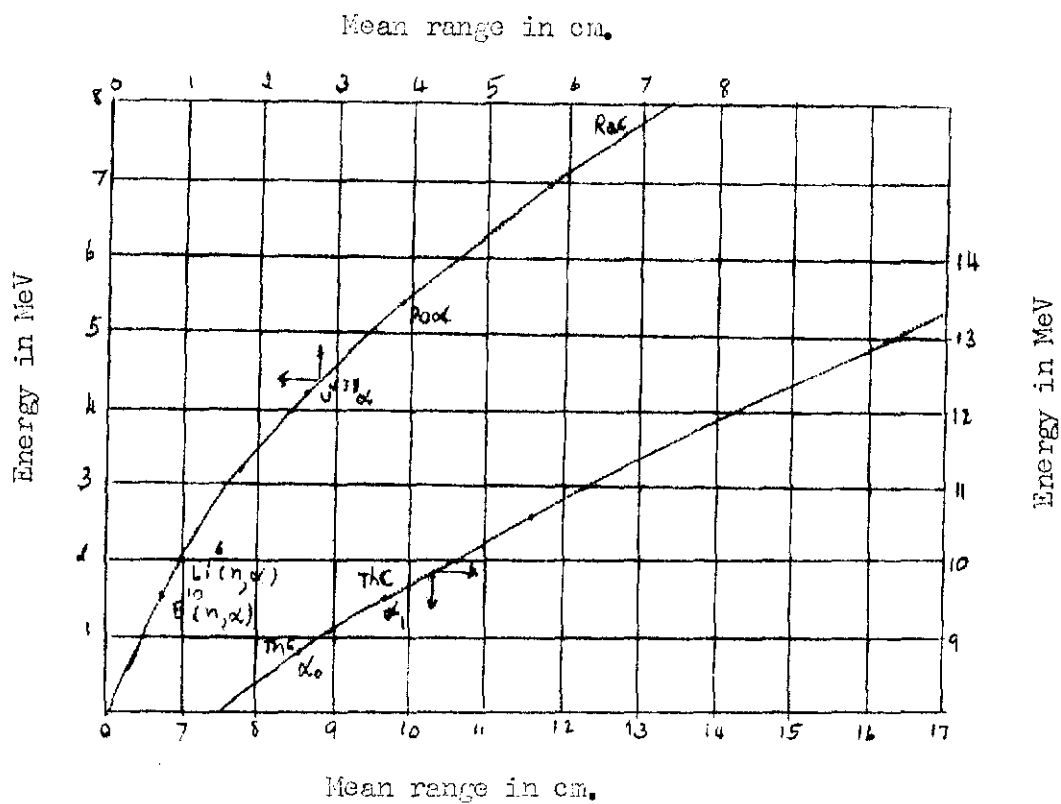
ภาพประกอบ 1 การสูญเสียพลังงานของอนุภาคอัลฟา/หนึ่งหน่วยระยะทางในเซลล์ไอโอดีในแก๊ส

ก. พิสัย (range) ของอนุภาคอัลฟา

พิสัยของอนุภาคอัลฟา หมายถึงระยะทางที่อนุภาคอัลฟาสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดในตัวกลาง พิสัยจะแปรผันตรงกับพลังงานจลน์ (Birks, 1967) และความล้มพันธุระหว่างพิสัยของอนุภาคอัลฟาในตัวกลางใด ๆ กับในอากาศแห้งที่อุณหภูมิ 15°C ความดัน 1 บรรยากาศ เป็นไปตามกฎของ แบล็ก คิลแมน (Bragg Kleman rule) ดังนี้

$$R = 3.20 \times 10^{-4} \frac{\sqrt{A}}{\rho} R_a \quad \text{-----} (3)$$

เมื่อ R คือ พิสัยของอนุภาคอัลฟาในตัวกลางใด ๆ ที่มีความหนาแน่น ρ (g-cm⁻³) และเลขมวล A มีหน่วยเป็น em.
 Ra คือ พิสัยของอนุภาคอัลฟาในอากาศแห้งที่อุณหภูมิ 15°C ความดัน 1 บรรยากาศ อานจากความล้มพันธุในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของอนุภาคอัลฟา กับพิสัยในอากาศแห้ง ที่อุณหภูมิ 15 °C ความดัน 1 บรรยากาศ ; (Knop and Paul • 1975)

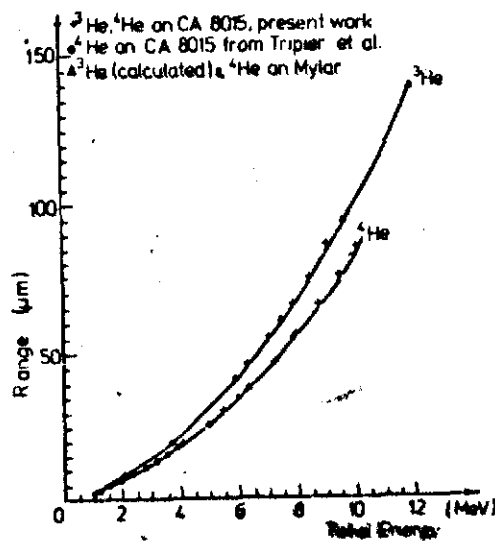
ในกรณีที่ตัวกลางเป็นของผสม ต้องใช้ค่า $\sqrt{A_{eff}}$ แทน \sqrt{A} (Gardner and Ely. 1967 : 29) โดยที่

$$\sqrt{A_{eff}} = \frac{n_1 A_1 + n_2 A_2 + \dots + \dots}{n_1 \sqrt{A_1} + n_2 \sqrt{A_2} + \dots + \dots}$$

เมื่อ $\sqrt{A_{eff}}$ คือ เลขมวลสุทธิ (effective mass number)

n_1, n_2, \dots คือ คาเศษสวอะตอม (atomic fraction) ของธาตุที่มีเลขมวล A_1, A_2, \dots ในของผสมตามลำดับ

บาลคาซาร์ - การ์เซีย และ เคอร์านี (Balcazar-Garcia and Duriani. 1977 : 31 - 34) ได้ศึกษาพิสัยของ ${}^3_2\text{He}$ และ ${}^4_2\text{He}$ ในเขตลูโลสในเทรทและไมลาร์ โพลีเอทิลีนที่รอยกานหลัง (etching the plastic from reverseside) และนำมาเขียนกราฟได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 พิสัยของ ${}^3_2\text{He}$ และ ${}^4_2\text{He}$ ในเขตลูโลสในเทรท CA8015 และไมลาร์ (Mylar)

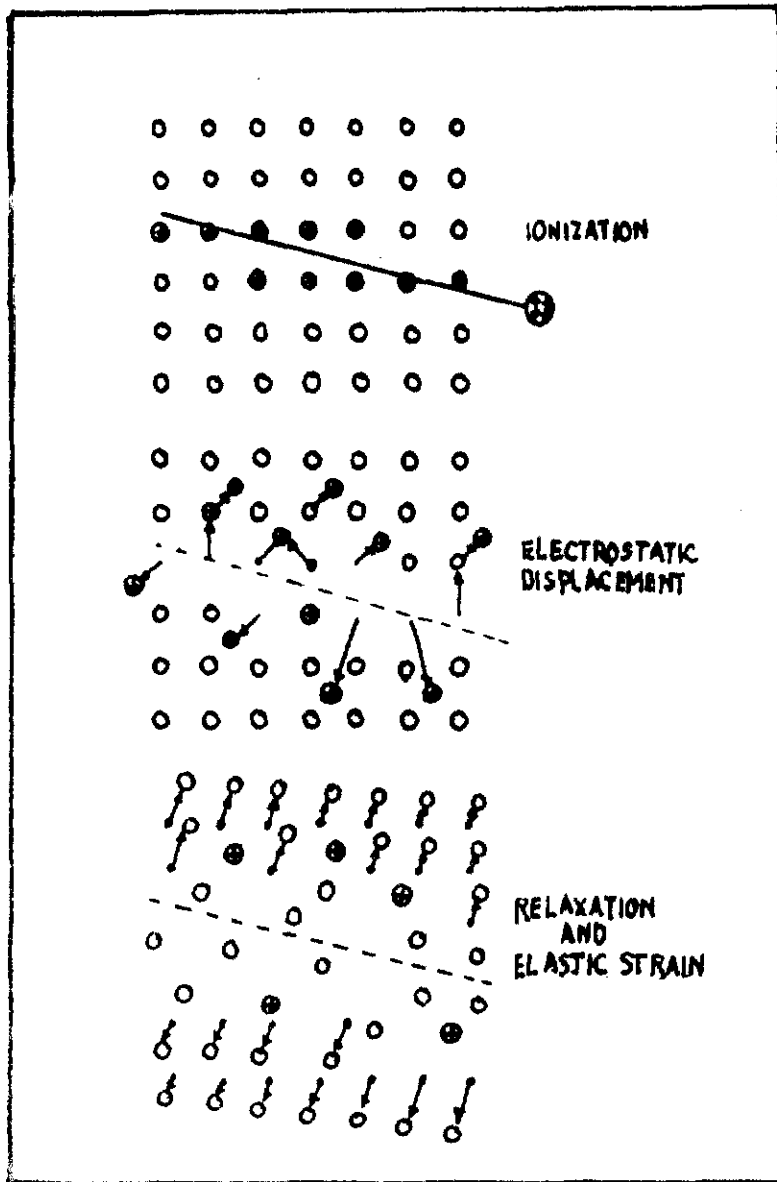
2. ทฤษฎีการแทรก - แอช

ก. กลไกการเกิดรอย (track formation mechanism)

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับกลไกการเกิดรอยไว้มากมาย แต่ที่สมบูรณ์ ชัดเจน และเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปได้แก่ คำอธิบายของ ฟไลส์เชอร์, ไพร์ส และ วอล์คเกอร์ (Fleisher, Price and Walker. 1965 : 1 - 28) ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ เมื่ออนุภาคที่มีประจุวิ่งผ่านตัวกลาง ทำให้ไอออนกระทบในวงโคจรของอะตอมหลุดไป เป็นผลให้เกิดอะตอมที่เสถียรอำนาจไฟฟ้าบวกขึ้นรอบ ๆ แนวทางที่อนุภาควิ่งผ่าน อะตอมเหล่านี้จะผลักซึ่งกันและกัน และต้องจัดเรียงอะตอมใหม่เพื่อให้สมดุล จึงเกิดช่องว่างขึ้นในบริเวณที่อนุภาควิ่งผ่านนั้น ฟไลส์เชอร์เรียกกระบวนการนี้ว่า "ไอออนเอ็กซ์พลอสัน สไปค" (ion explosion spike) ของว่างที่เกิดขึ้น มองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กลไกการเกิดรอยแสดงในภาพประกอบ 4

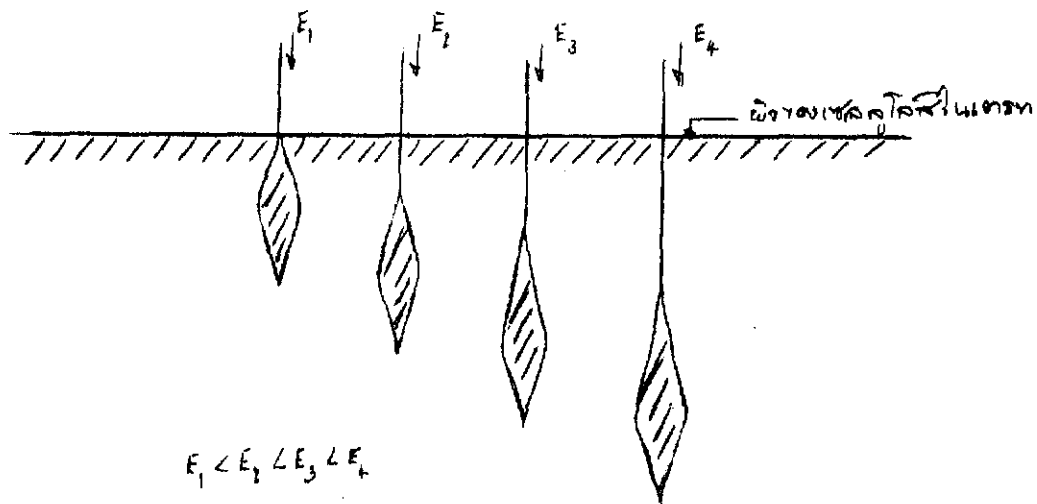
ในกรณีที่ตัวกลางเป็นแก้วหรือพลาสติก อะตอมที่เข้าคืออิเล็กตรอนสามารถจับอิเล็กตรอนข้างเคียงเข้าไปรวมอย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะมีการจัดเรียงอะตอมใหม่ จึงไม่เกิดช่องว่างที่เห็นเป็นรอยเหมือนในฉนวน (Brinkman. 1955 : 246 - 267)

อนุภาคที่มีประจุของเตหะเพลิงงานให้แก่วัสดุตัวกลางมากกว่าพลังงานวิกฤต (critical energy) ของวัสดุนั้น ๆ (ระดับพลังงานที่น้อยที่สุดที่สามารถทำให้ไอออนหลุดจากวงโคจร) จึงจะปรากฏรอยขึ้น การสูญเสียพลังงานของอนุภาคชนิดหนัก/หนักหน่วงระยะทาง จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่พลังงานของอนุภาคลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงค่าสูงสุด (Bragg peak) หลังจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว (ภาพประกอบ 1) dE/dx ที่สูงกว่าพลังงานวิกฤตของตัวกลางนี้เอง ทำให้เกิดรอยขึ้นในตัวกลาง และรอยจะปรากฏชัดที่สุดเมื่อ dE/dx มีค่าสูงสุด ฉะนั้น รอยจะเกิดขึ้นหรือไม่ขึ้นอยู่กับชนิดและพลังงานของอนุภาคที่มีประจุ และชนิดของวัสดุตัวกลาง ซึ่งจะคงเลือกให้ใช้เฉพาะสม



ภาพประกอบ 4 แผนภาพอธิบายกลไกการเกิดรอย

สำหรับอนุภาคอัลฟาที่ผ่านเข้าไปในเซลล์ลูโลสในเทรท dE/dx จะมีค่าสูงสุดเมื่ออนุภาคอัลฟาเคลื่อนที่ไปใกล้ขอบสุดทางเดินของมัน คือเมื่อพลังงานยังคงเหลือประมาณ 0.6 MeV (Somogyi, 1966; Benton, 1968; Tripier, et al., 1970; Fleischer, et al., 1975; somogyi, et al, 1977; e.g. Ali and Durrani, 1977) ดังนั้นรอยที่ปรากฏในเซลล์ลูโลสในเทรทเนื่องจากอนุภาคอัลฟาพลังงานต่ำจึงปรากฏโดยทั่วไปมากกว่าอนุภาคชนิดเดียวกันที่มีพลังงานสูงกว่า ดังภาพประกอบ 5

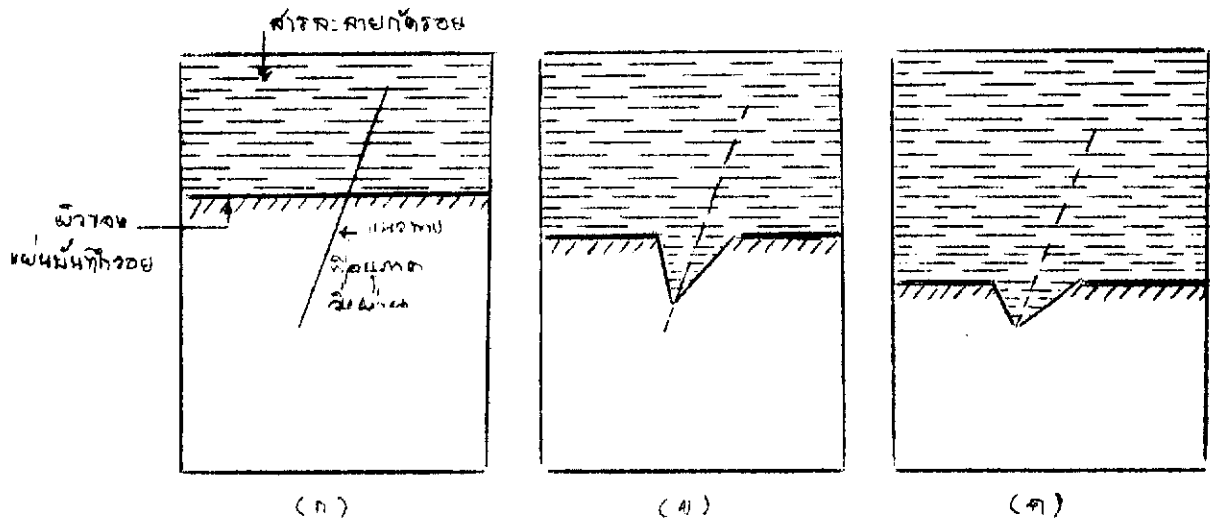


ภาพประกอบ 5 แสดงการเกิดรอยในเซลล์ลูโลสในเทรท เนื่องจากอนุภาคอัลฟา

ข. การกัดขอย (etching)

รอยที่เคลื่อนเนื่องจากอนุภาคที่มีประจุ มีขนาดเล็กมาก ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจึงจะสามารถมองเห็น เพื่อให้สามารถมองเห็นควมกลองจุลทรรศน์ธรรมดา จึงจำเป็นต้องกัดขอยรอยด้วยสารละลายที่เหมาะสม บริเวณของว่างที่เคลื่อนตามแนวทางที่อนุภาควิ่งผ่าน จะถูกสารละลายกัดละลายได้เร็วกว่าบริเวณอื่น (ดังแสดงในภาพประกอบ 6) ทำให้รอยปรากฏให้เห็นได้ควมกลองจุลทรรศน์ธรรมดา การที่จะให้รอยที่ชัดเจน

ภาคขอบเฟืองโคน ขึ้นอยู่กับแรงของสารละลายเคมี อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลายเคมี และเวลาในการกักขัง เป็นสำคัญ ซึ่งเป็นผลจากการทดลองดังนี้



ภาพประกอบ 6 แผนภาพแสดง การ กัดขังบนแผ่นวัสดุคอนกรีต

วิธีดำเนินการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

เพื่อให้การวิจัยบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ จึงแบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยและวิเคราะห์ผลออกเป็น 5 หัวข้อตามลำดับดังนี้

1. การหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการเก็บ ออบบแมงกีสต์ เซลลูโลสในเกรทแบบ CN - 85

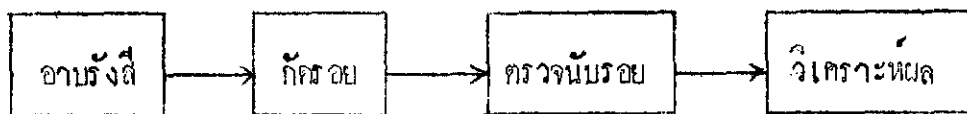
2. การหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการ กัก ออบบแมงกีสต์ เซลลูโลสในเกรทแบบ CN - 85

3. การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟาจากกษเรคอน กษไฮรอน และกษผสม

4. การหาความหนาที่ที่เหมาะสมของแผ่นวัดที่หน้ากับอนุภาคอัลฟาจากกษเรคอน กษไฮรอน และกษผสม

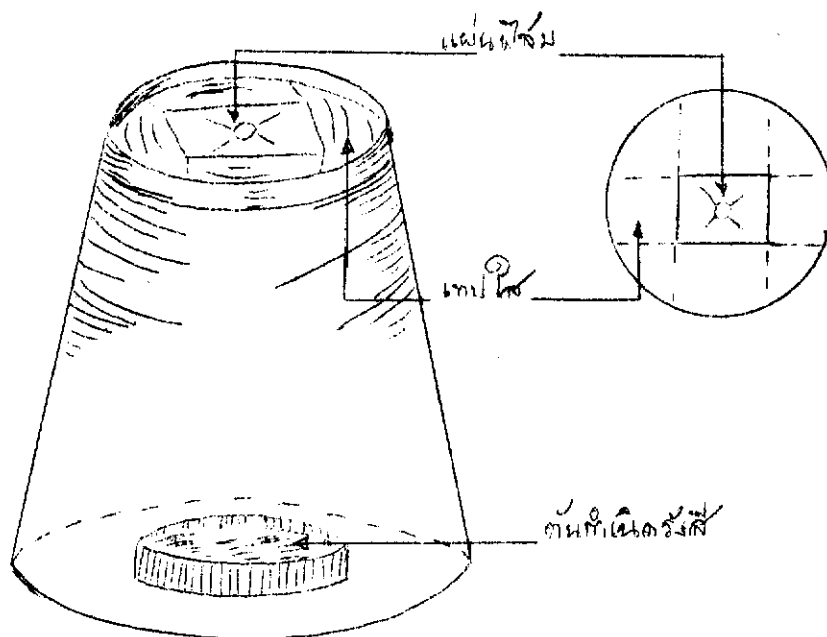
5. การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมในแร่

แต่ละหัวข้อจะต้องดำเนินการต่อไปนี้



วัสดุประดิษฐ์

เพื่อบันทึกรอยของอนุภาคอัลฟาจากการสลายตัวของกัมมันตรังสีและกัมมันตรังสีโพซิตรอน โดยการนำตัวตรวจจับแบบเทรค - เซลล์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 cm. สูง 7.6 cm. ฟิล์ม CN-85 ขนาด 2 cm² ไว้มากน้อย ไปครอบสารหรือแร่ที่บรรจุในงานกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm สูง 1 cm ดังภาพ



ภาพประกอบ 7 แสดงลักษณะการบันทึกรอยด้วยตัวตรวจจับแบบเทรค - เซลล์

วิธีกรอกย้อมแผ่นฟิล์ม

ใช้สารละลาย NaOH เข้มข้น 10% อุณหภูมิ 60°C เนื่องจากมีคุณภาพในการ
กัดรอยของอนุภาคอัลฟาที่ดีที่สุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ใช้สารละลาย NaOH 100 cc ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 cc. จุ่มเทอร์โม-
มิเตอร์ลงในสารละลาย บีกเกอร์จะจนกระทั่ง ยกช้อนในบีกเกอร์ขนาด 500 cc. ซึ่ง
บรรจุน้ำประมาณ 250 cc.

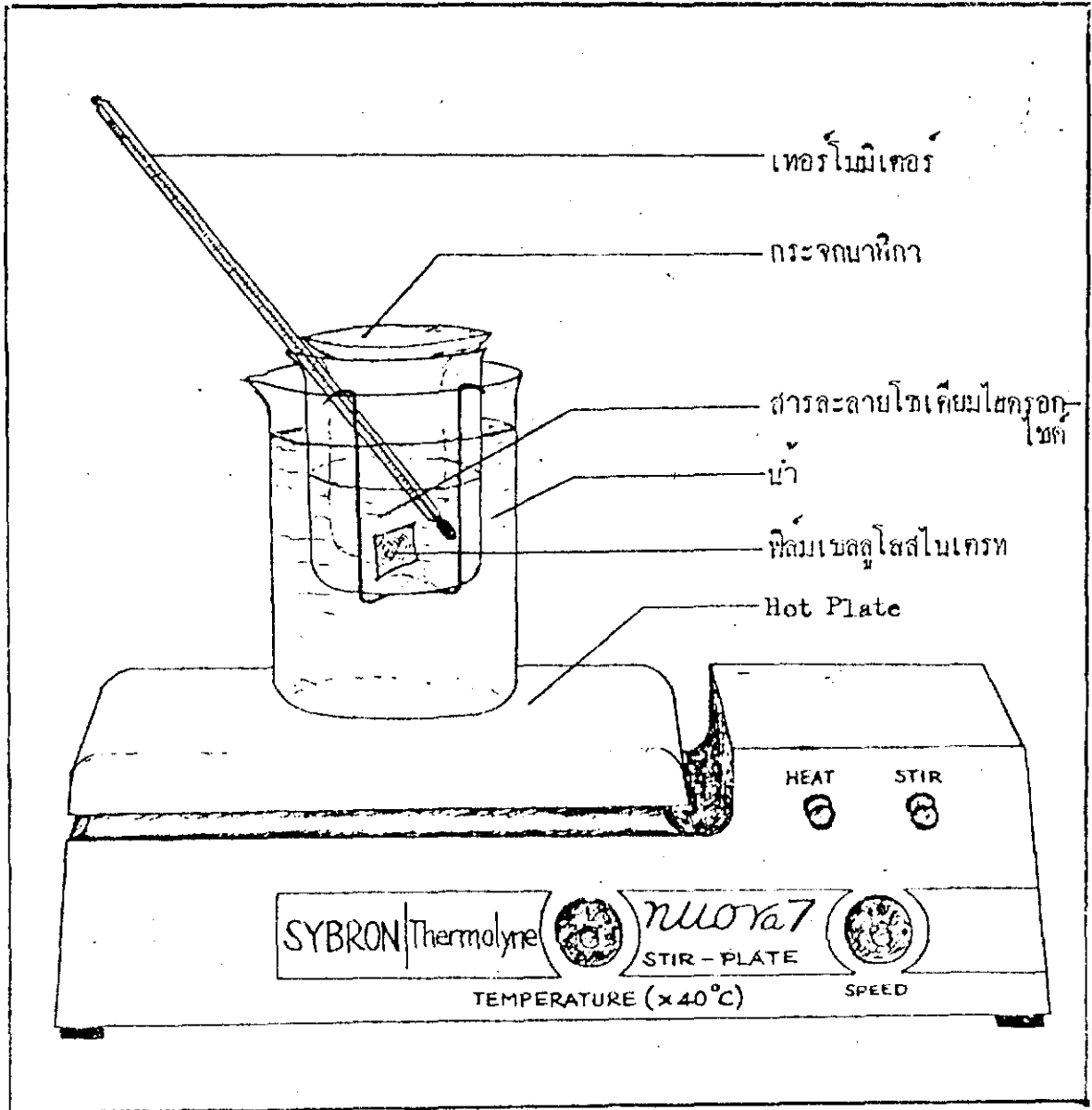
2. นำอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ขึ้นตั้งบนเตาไฟฟ้า (hot plate) ซึ่ง
สามารถควบคุมอุณหภูมิ และมีเครื่องกวน โดยใช้ระบบแม่เหล็กเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึง
ถึงภาพ โดยตั้งอุณหภูมิที่ 60°C

3. เมื่ออุณหภูมิคงที่ที่ 60°C แล้ว ใส่ฟิล์มที่จะกัดรอยลงไป พร้อมกับจับเวลา
ระหว่างที่ทำการกัดรอย เขย่าบีกเกอร์ที่บรรจุ NaOH เป็นครั้งคราว

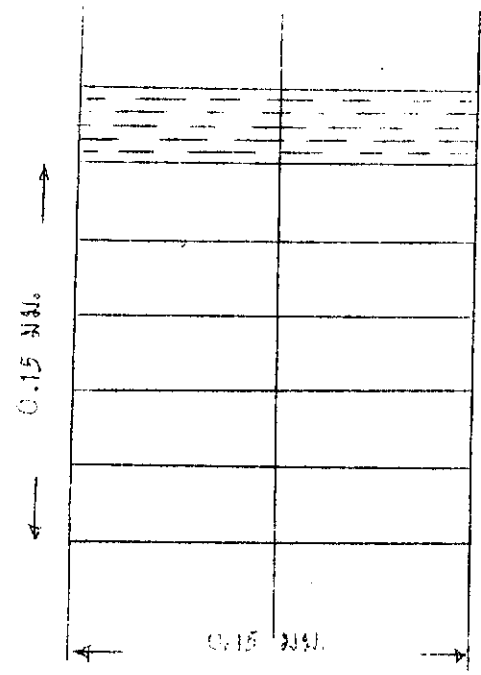
4. เมื่อครบกำหนดเวลา นำฟิล์มขึ้น แล้วนำไปแช่น้ำทันที โดยให้น้ำไหลผ่านช้า ๆ
อย่างน้อย 30 นาที เพื่อล้าง NaOH ออกให้หมด แล้วจึงนำขึ้นจากน้ำ ปล่อยให้แห้ง นำไป
เข้ากรอบสไลด์ เพื่อตรวจนับรอยต่อไป อุปกรณ์การกัดรอย แสดงในภาพประกอบ 8

วิธีตรวจนับรอย

ใช้กล้องจุลทรรศน์ Zeiss กำลังขยาย 900 เท่า นับรอยในแต่ละกรอบที่เหลื่อม
จักรวีส ถึงภาพ ครอบคลุมที่เลนส์ใกล้ตา (eye piece) เมื่อเทียบกับฉากที่เป็นวัตถุ
(object) แล้วจะมีขนาด 0.15 มม. x 0.15 มม. นั่นคือในการนับแต่ละครั้งจะนับใน
พื้นที่ 0.0225 ตารางมิลลิเมตรบนฟิล์ม และในกรอบที่เหลื่อมก็กล่าวถึงแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยม
ผืนผ้าเล็ก ๆ 10 ช่อง เพื่อสะดวกในการนับอีกด้วย (ภาพประกอบ 9)



ภาพประกอบ ๕ แสดงการจัดอุปกรณ์ในการศึกษาสมบัติของฟิล์ม



ภาพประกอบ 9 แสดงลักษณะของสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มองเห็นจากกล้องจุลทรรศน์ ที่ใช้ในการตรวจนับรอย

การนับรอยจะเลื่อนไปตามจุดต่าง ๆ บนแผ่นฟิล์ม 50 จุด แล้วนำค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ที่ได้ให้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

1. ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, S.D.)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

2. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation, r)

$$r = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

3. เทคนิคการหาค่าของโคโนใช้กำลังสองน้อยที่สุด (Method of Least Square)

$$Y = a_1 X + a_0$$

$$a_1 = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a_0 = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum XY \sum X}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

4. การกระจายแบบเกาส์เซียน (Gaussian distribution)

$$P(z) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2}$$

z = คะแนนมาตรฐาน

$$= \frac{\mu - \bar{x}}{\sigma}$$

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

1. ระยะเวลาที่เหมาะสมของการเก็บรวบรวมแผ่นฟิล์มเซลลูโลสในกรณีแบบ CN-85

ระยะเวลาของการเก็บรวบรวมระยะเวลาของการอบรังสี การหาระยะเวลาที่เหมาะสมก่อนดังนี้

- 1.1 ออบรังสีบนแผ่นฟิล์มจากแร่โซเดียมไซท์ จำนวน 5 ชุก เป็นระยะเวลา 8 วัน 10 วัน 13 วัน 15 วัน และ 20 วัน ตามลำดับ
- 1.2 นำแผ่นฟิล์มทั้ง 5 ชุก ไปก๊อปปี้เป็นเวลา 30 นาที แล้วตรวจนับรอย
- 1.3 ก๊อปปี้และตรวจนับรอยซ้ำบนแผ่นฟิล์มทั้ง 5 ชุก โดยเพิ่มระยะเวลาที่ก๊อปปี้ซ้ำครั้งละ 10 นาที จนถึง 60 นาที
- 1.4 ทำการทดลองซ้ำจากข้อ 1.1 - 1.3 อีกครั้งหนึ่ง แล้วบันทึกผลในตาราง

ตาราง 2 ผลการนับรอยอนุภาคอัลฟาจากกัมมันต (เรดอนและโพเนียม) เมื่อก๊อปปี้ด้วย NaOH เข้มข้น 10% อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 นาที ที่ระยะเวลาของการอบรังสี ต่าง ๆ กัน

(X) ระยะเวลาของการอบรังสี (วัน)	ความหนาแน่นรอย/0.0225 มม. ²		เฉลี่ย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	สมการพยากรณ์ (Y)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2			
8	15.90	17.06	16.48	0.9941	Y = 2.8226X - 6.1666
10	23.70	22.82	23.26		
13	29.08	32.20	30.64		
15	34.60	33.20	33.90		
20	52.48	50.64	51.51		

ตาราง 3 ผลการนับรอยอนุภาคอัลฟาจากกัมมันต (เรดอนและโพโลเนียม) เมื่อใช้กระดาษ
 NaOH เข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 40 นาที ที่ระยะเวลาของการอ่าน
 รังสีต่าง ๆ กัน

(X) ระยะเวลาของ การอ่านรังสี (วัน)	ความหนาแน่นรอย/0.0225 มม. ²		เฉลี่ย	ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ (r)	สมการพหุนาม (y)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2			
8	24.04	25.14	26.24		$Y = 3.0125X + 0.6835$
10	33.60	34.32	33.96		
13	35.20	35.60	35.31	0.9784	
15	44.62	45.50	45.06		
20	63.48	62.06	62.77		

ตาราง 4 ผลการตรวจนับรอยย่นภาคตัดขวางจากการผสม (เรซินและโพรต) เมื่อใช้ครอย
 กาย NaOH เข้มข้น 10 % ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 50 นาที ที่ระยะเวลาของการ
 อารรังสีต่าง ๆ กัน

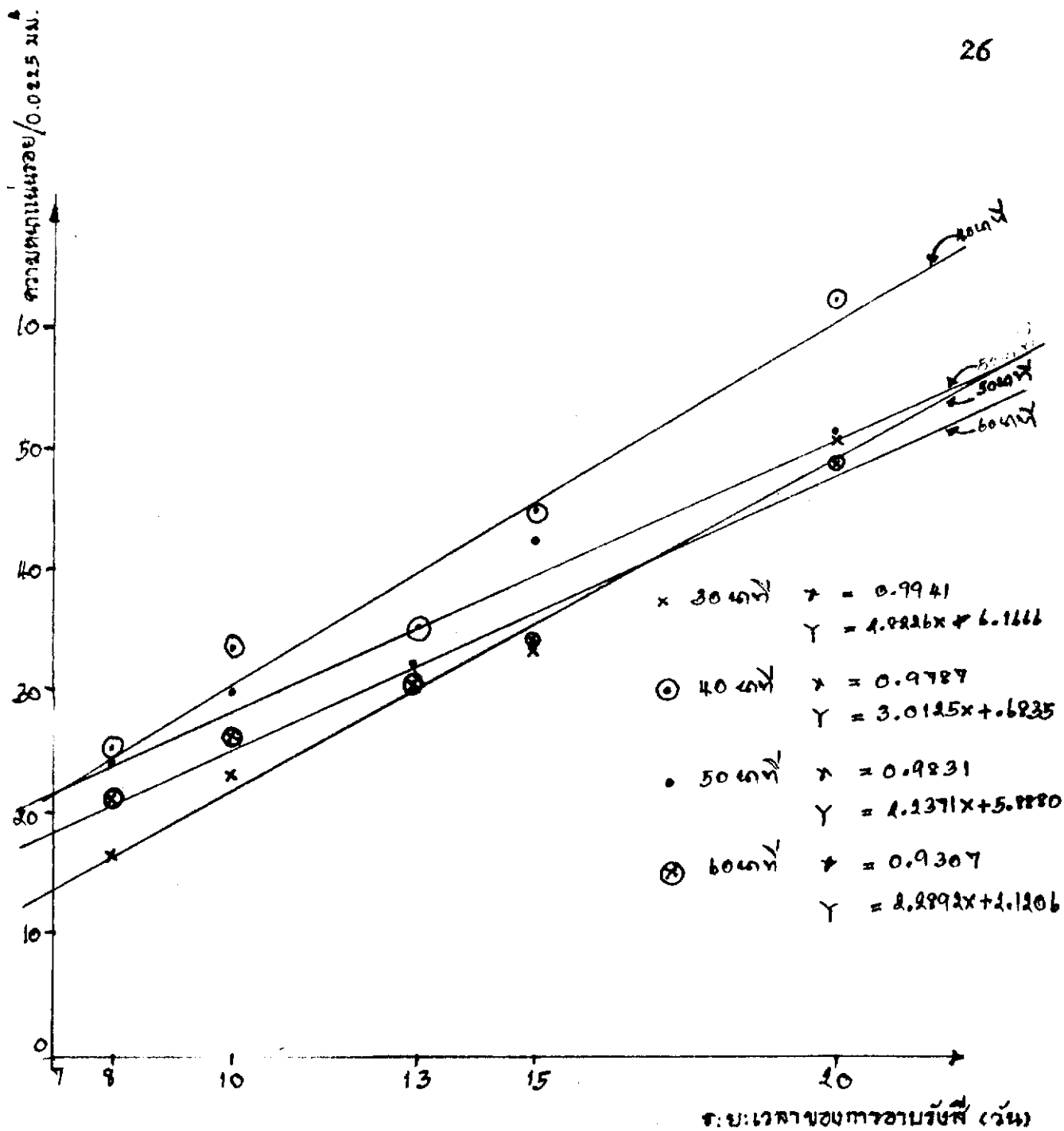
(X) ระยะเวลาของ การอารรังสี (วัน)	ความหนาแน่นรอย/0.0225 มม. ²		เฉลี่ย	ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ (r)	สมการพยากรณ์ (Y)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2			
8	24.02	24.26	24.14	0.9831	$Y = 2.2371X + 5.8880$
10	31.20	29.40	30.30		
15	32.16	33.14	32.65		
15	38.42	37.10	37.76		
20	54.06	50.42	52.24		

ตาราง 5 ผลการตรวจนับรอยอนุภาคอัลฟาจากกัมมันต (เรดอนและโพธอน) เมื่อกักก๊อ
 กวบ NaOH เข้มข้น 10 % ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 60 นาที ที่ระยะเวลาของการ
 อาบรังสีต่าง ๆ กัน

(X) ระยะเวลาของ การอาบรังสี (วัน)	ความหนาแน่นรอย/0.0225 มม. ²		เฉลี่ย	ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ (r)	สมการพยากรณ์ (Y)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2			
8	21.08	20.72	20.9	0.9307	$Y = 2.2892X + 2.1206$
10	27.78	25.12	26.45		
13	30.66	30.38	30.52		
15	34.72	34.02	34.37		
20	49.32	49.58	49.45		

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยกับระยะเวลาของการอาบรังสีเป็นไป
 ในลักษณะเส้นตรง ไม่ว่าจะกักก๊อเป็นระยะเวลา 30 นาที 40 นาที 50 นาที หรือ
 60 นาที ก็ตาม ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงถึง 0.9941, 0.9787, 0.9831 และ
 0.9307 ตามลำดับ และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ทั้งภาพประกอบ 10

ความสัมพันธ์ที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอัตราความหนาแน่นรอยเป็นปฏิภาคโดย
 ตรงกับระยะเวลาของการอาบรังสี (การกักก๊อ) จึงสามารถเลือกระยะเวลาของการอาบ
 รังสีได้เสมอ ในที่นี้เลือกใช้ระยะเวลาอาบรังสีเป็น 10 วัน เพราะให้ความหนาแน่นรอย
 ไม่มากหรือตายนเกินไป สะดวกแก่การตรวจนับรอย



ภาพประกอบ 10 แสดงความหนาแน่นรอยของอนุภาคอัลฟาจากกษณะผสม (โซนาโซล) บนแผ่นฟิล์ม CI-85 เมื่อใช้ขนาดฉายสารละลาย NaOH เข้มข้น 10% อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 นาที 40 นาที 50 นาที และ 60 นาที

2. ระยะเวลาที่เหมาะสมของการกักขังบนแผ่นโพลีเอทิลีนเซลล์โลสในเครื่องแบบ CN-85

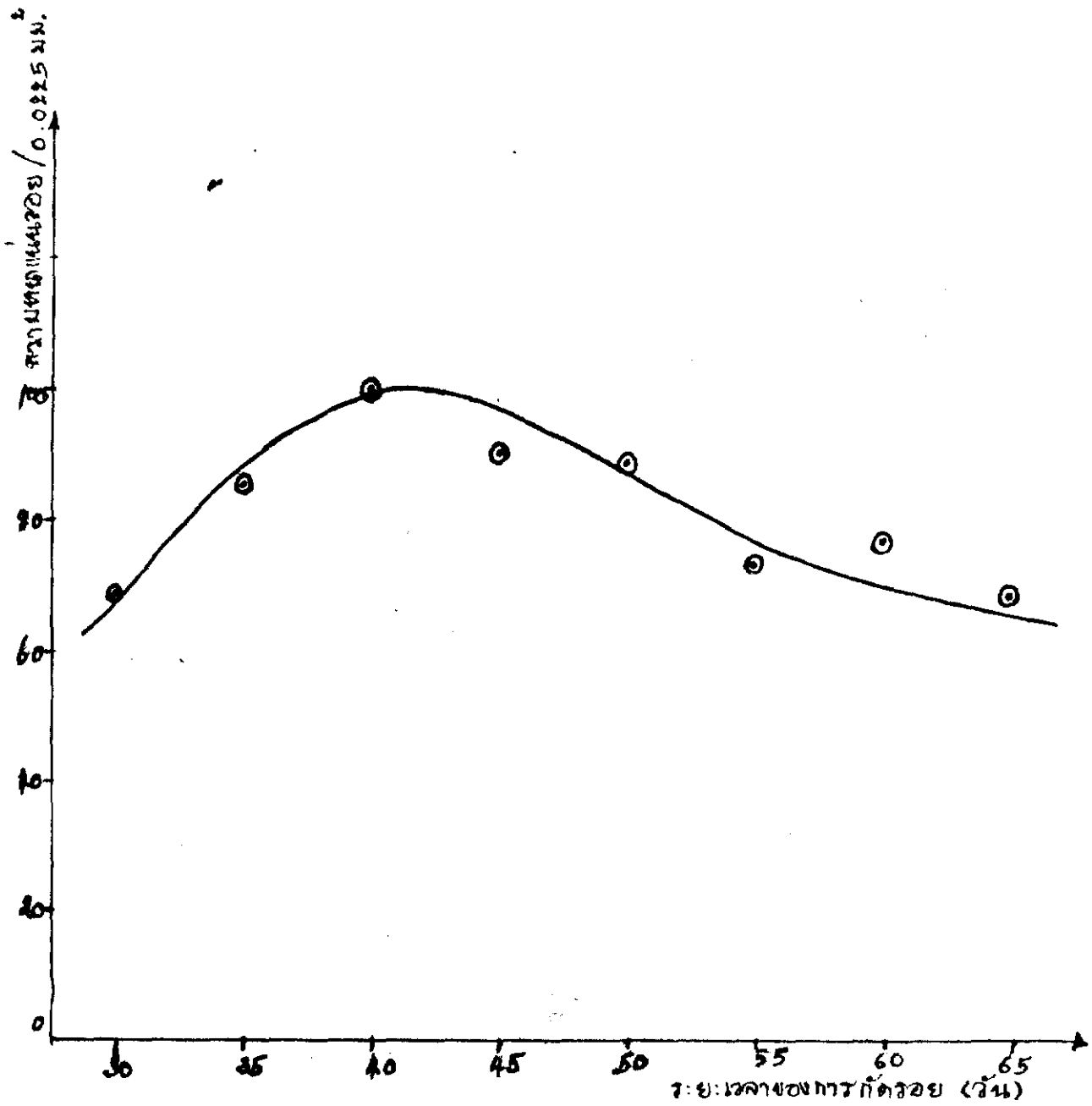
1. นำโคมไปอบรังสีจากเครื่องเอกซเรย์ เป็นเวลา 10 วัน จำนวน 2 ชุด
2. นำแผ่นโคมทั้งสองชุดไปกักขัง เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปตรวจนับรอย
3. นำแผ่นโคมไปกักขังต่ออีก 5 นาที แล้วตรวจนับรอย นำเข็มใส่ลบทิ้งไป

จนถึง 65 นาที บันทึกผลแล้วหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ผลการนับรอยของอนุภาคอัลฟาจากกัมมันต (เรดอนและโพเรียน) เมื่อกักขัง
ด้วย NaOH เข้มข้น 10 % อุณหภูมิ 60°C ระยะเวลาต่าง ๆ กับ

ระยะเวลา กักขัง (นาที)	ความหนาแน่นรอย/0.0225 มม. ²		*ความหนาแน่นรอยสัมพันธ์/0.0225 มม. ²		เฉลี่ย
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	
30	23.7	22.82	70.54	66.49	68.52
35	29.2	29.32	86.90	85.43	86.17
40	33.6	34.32	100.00	100.00	100.00
45	31.16	30.42	92.74	88.64	90.69
50	31.2	29.4	92.86	85.66	89.26
55	25.2	25.1	75.00	73.14	74.07
60	27.78	25.12	82.68	73.19	77.94
65	24.6	22.38	73.21	65.21	69.21

* เทียบกับความหนาแน่นรอยเมื่อกักขัง 40 นาที



ภาพประกอบ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของไอน้ำที่เกิดขึ้น จากกษณผสม (โมนาไซต์) บนแผ่นฟิล์ม ๑๗-๑๕ ที่ระยะเวลา ของการทดลอง ภายใต้สภาวะ ๒๐๐๗ เซลเซียส 10.5 อุณหภูมิ 60°C

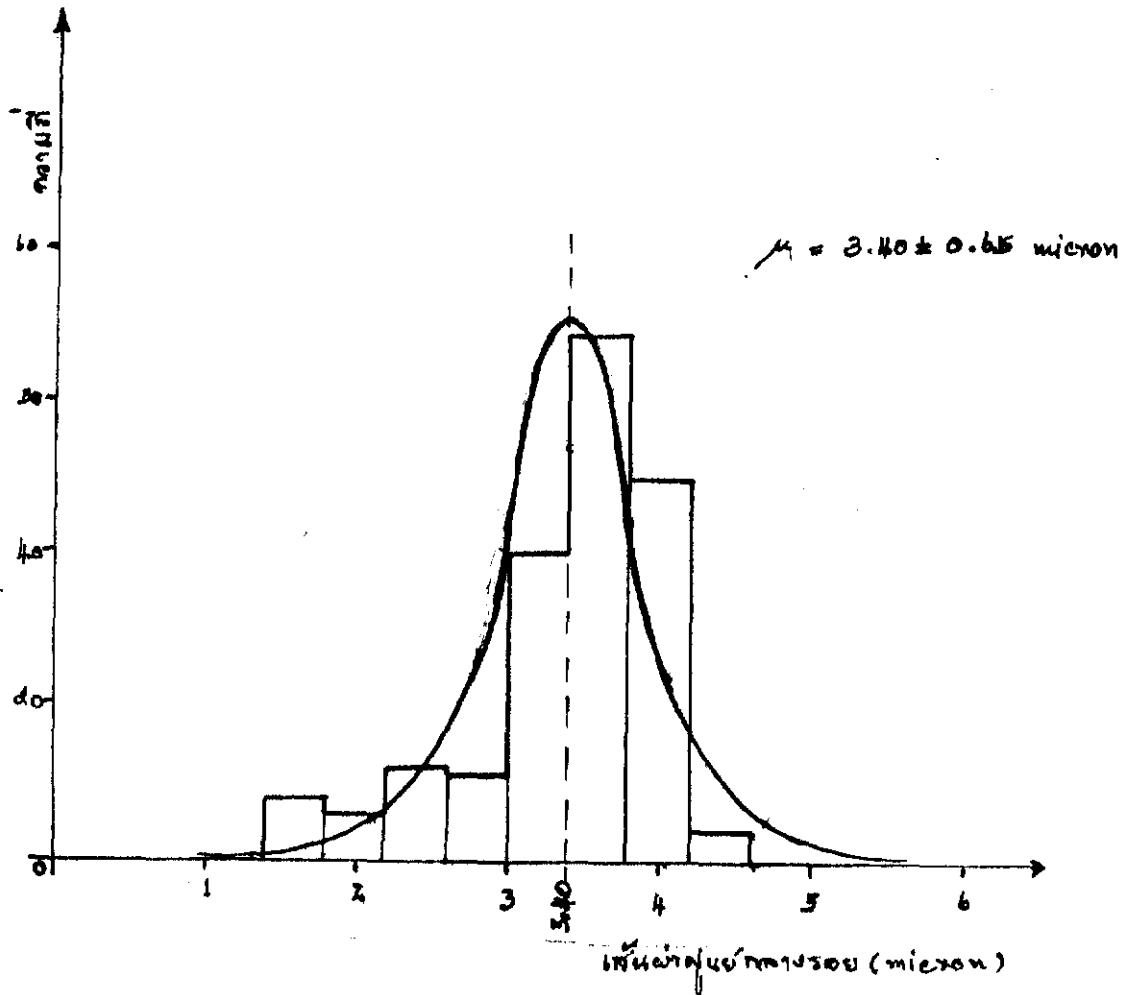
3. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟาที่เกิดจากกษเรดอน กษโพซอน และกษผสม

เนื่องจากยูเรเนียมและทอเรียมมักจะอยู่รวมกัน เช่นในรูปของเรโซนาไซต์ การหาปริมาณยูเรเนียมในเรโซนาไซต์โดยการศึกษารอยที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม จึงจำเป็นต้องทราบว่ามีรอยที่เกิดจากยูเรเนียมเท่าไรและเกิดจากทอเรียมเท่าไร วิธีหนึ่งที่จะทราบได้ก็โดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยที่ตรง ๆ ดังมีขั้นตอนต่อไปนี้

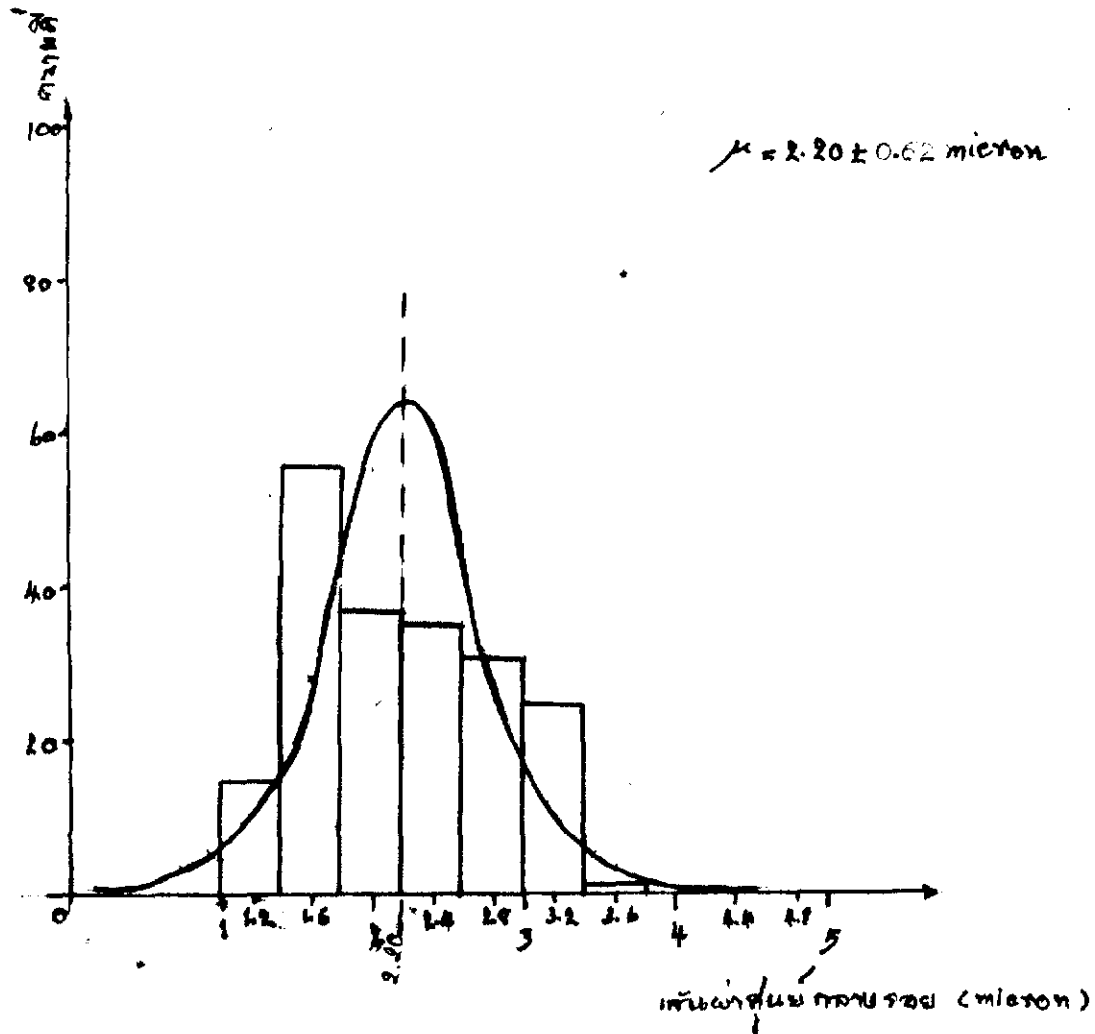
1. อามรังสีจากยูเรเนียม ทอเรียมโพออกไซด์ และเรโซนาไซต์ เป็นเวลา 10 วัน 3 วัน และ 10 วัน ตามลำดับ
2. ก็ชอยด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 40 นาที โดยแช่แผ่นฟิล์มทั้งสามพร้อม ๆ กัน เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วก็นำไปล้างด้วยน้ำไหลตามซ้า ๆ ประมาณ 30 นาที ผึ่งลมให้แห้ง ใส่กรอบสไลด์เพื่ออำนวยรอยต่อไป
3. ตรวจวัดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยที่ตรง (จุดกลม) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Zeiss กำลังขยาย 1,250 เท่า แบนละ 200 รอย บันทึกผล หาค่าเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตาราง 7
4. เขียนกราฟแห่ง ระหว่างความถี่กับเส้นผ่าศูนย์กลางรอยเนื่องจากกษเรดอน กษโพซอน และกษผสม ได้ดังภาพประกอบ 12, 13 และ 14 และใช้เทคนิคการวัดการกระจายแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution) เขียนกราฟของความน่าจะเป็นของกษเรดอนและกษโพซอน ส่วนกษผสมเห็นได้ชัดว่าแยกได้เป็น 2 กลุ่ม

ตาราง 7 ผลการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟาเนื่องจากกษเรดอน กษโพซอน และกษผสม

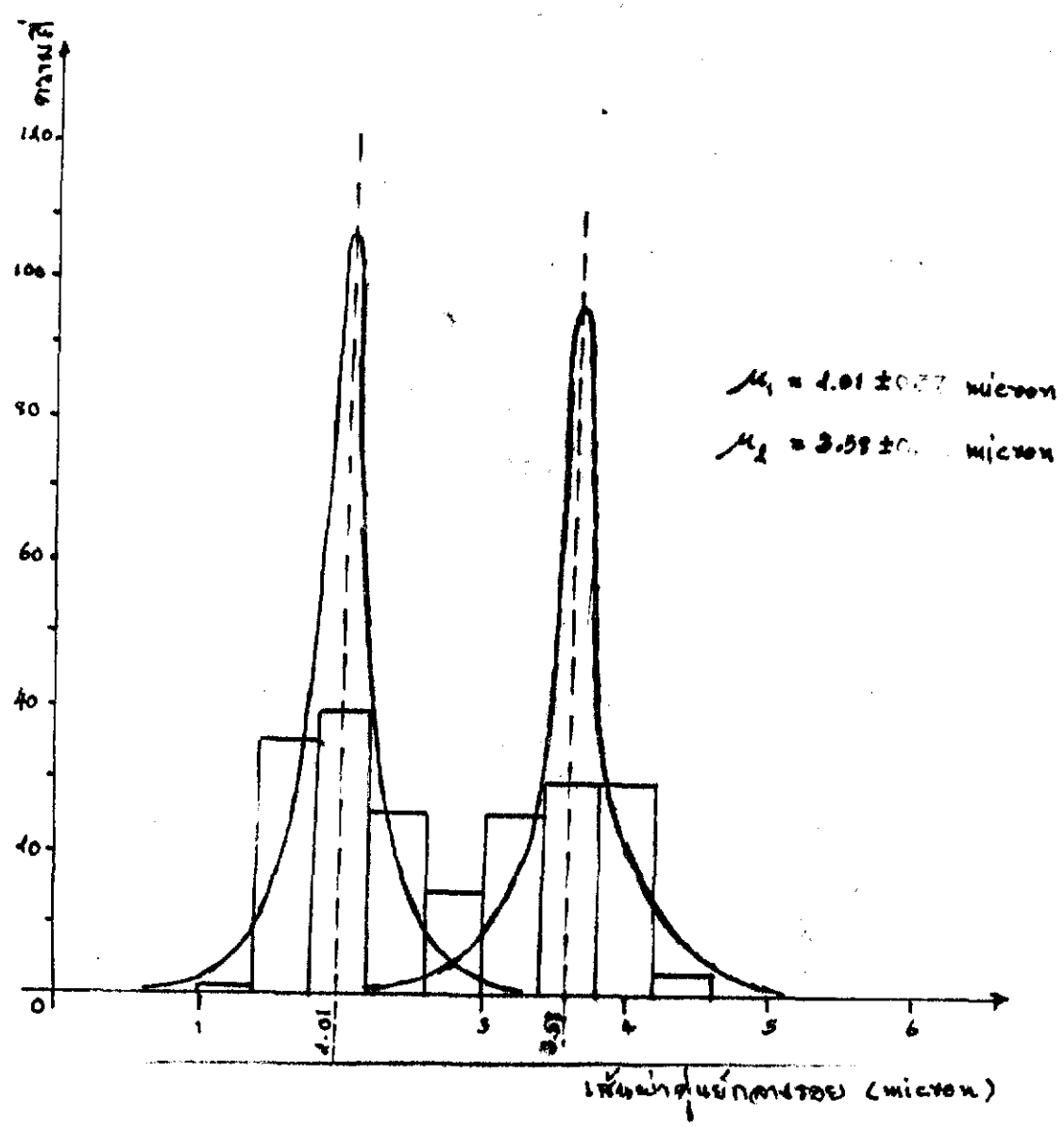
ตัวอย่างเร	% ยูเรเนียม	% ทอเรียม	เส้นผ่าศูนย์กลางรอยเฉลี่ย (ไมครอน)
เรยูเรเนียมจาก อ.ภูเวียง จ. ขอนแก่น	0.48	—	3.40 ± 0.65
ทอเรียมโพออกไซด์	—	87.69	2.20 ± 0.62
เรโซนาไซต์ จ. พังงา	0.357	1.714	2.01 ± 0.37 และ 3.58 ± 0.42



ภาพประกอบ 12 แสดงผลการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางรอบของอนุภาคอิฐดำ จากภาพเรดอัน (ยูเรเนียม) ที่วัดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Zeiss กำลังขยาย 1,250 เท่า



ภาพประกอบ 13 แสดงผลการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางรอบของอนุภาคอัลฟา จากกาซโพธอน
(โซเรียมไอโคออกไซด์) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Zeiss กำลังขยาย
1,250 เท่า



ภาพประกอบ 14 แสดงผลการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคอัลฟาจากกัมมันตภาพ
 (โซนาไรท์) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Zeiss กำลังขยาย
 1,250 เท่า

4. ขนาดที่เฉพาะสมของแผ่นวัสดุที่นำมากันอนุภาคอัลฟาจากกซเรคอน, กซโรตอน และ การผสม

ขนาดที่เฉพาะสมหมายถึงขนาดความหนาของแผ่นวัสดุ โดแกเนอะอะดุมิเนียมสาร และกระกนที่กันอนุภาคอัลฟาจากกซเรคอน โดแกเนอะอะดุมิเนียมสาร มีชั้นคอนกรทกั้งนี้

4.1 ชั่งแผ่นอะดุมิเนียมสารและกระกนขนาดความหนาต่าง ๆ กันในหน่วย กัม/การางเซมคัมคร ($g\text{-cm}^{-2}$) ทั่วคั้งที่ละเอียดคั้ง $10^{-5}g$

4.2 ตักแผ่นวัสดุจากขอ 4.1 ขนาด 1 cm^2 คักด้วยกระกนทวหรือเพปโส โดสทั้ง 4 คน บนส่วนทึงของแผ่นฟิล์มขนาด $2\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ แล้วคักแผ่นฟิล์ม กัมกันด้วย ส้วรวจโอสททด้วยกระกนทวหรือเพปโสเซกกัน ท้วทึงคค 3 ชุค

4.3 นำด้วยส้วรวจที่เตรียมไว้ในขอ 4.2 ไปอามรังสีจากกรยูเรเนียมและแระ โมนาไซท์ อยงละ 1 ชุค เป็นเวลา 10 วัน (ควมเงองทงที่เฉพาะสม) ที่เหลือออีก 1 ชุค อามรังสีจากอเวียมโคออกไซค (ThO_2) เป็นเวลา 3 วัน (เนื่องจาก ThO_2 มีควม แรงรังสีสูงมาก)

4.4 เมอกรบกำหนดเวลาที่คองการ นำแผ่นฟิล์มไปกักรอยด้วยส้วรวละลาย NaOH เซกชน 10% ที่ 60°C เป็นเวลา 40 นาที ครวจนับรอย และค้วควมเปอร์ เซกนค้วควม ทเวแระรอยที่เหลือจากกรกนด้วยวัสดุแต่ละชนิด ที่ควมหนาต่าง ๆ กัน

4.5 ท้วอ้อกรั้งทึงจากขอ 4.1 - 4.4 นับทกมลงในการาง แล้วเขียนกราฟ ระหวงควมหนาของวัสดุโซกนกับเปอร์ เซกนค้วควมที่เหลือจากกรกน เพื่อหาควมหนาที่ส้วมารถ กันอนุภาคอัลฟาจากกซเรคอน โดแกเนอะอะดุมิเนียมสาร

ตาราง 8 ผลการนับอนุภาคอัลฟาจากกษเรคอน (ยูเรเนียม) ความหนาอะลูมิเนียม

(X) : ความหนาของแผ่นอะลูมิเนียม (± 0.02) $\times 10^{-3}$ g-cm ⁻²	% ของจำนวนรอยที่เหลือจากการนับ		(Y) : % ของจำนวนรอยที่เหลือ จากการนับโดย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
4.92	52.15	44.39	48.27
5.30	32.80	32.72	32.76
6.34	24.86	23.96	24.41

ค่า $r = -0.9038$ และสมการพหุคูณ เป็น $Y = -14.8317X + 117.0179$
 ได้กราฟที่แนบมา X (กิโลกรัมของอัลฟาจากกษเรคอนโดยเฉลี่ย) ที่ความหนา
 (7.90 ± 0.02) $\times 10^{-3}$ g-cm⁻² แสดงในภาพประกอบ 15

ตาราง 9 แสดงผลการกัมมภาคตัดฟ้าจากทอไรซอน (ซอเวียม) ด้วยแผนอะลูมิเนียม
ความหนาต่าง ๆ กัน

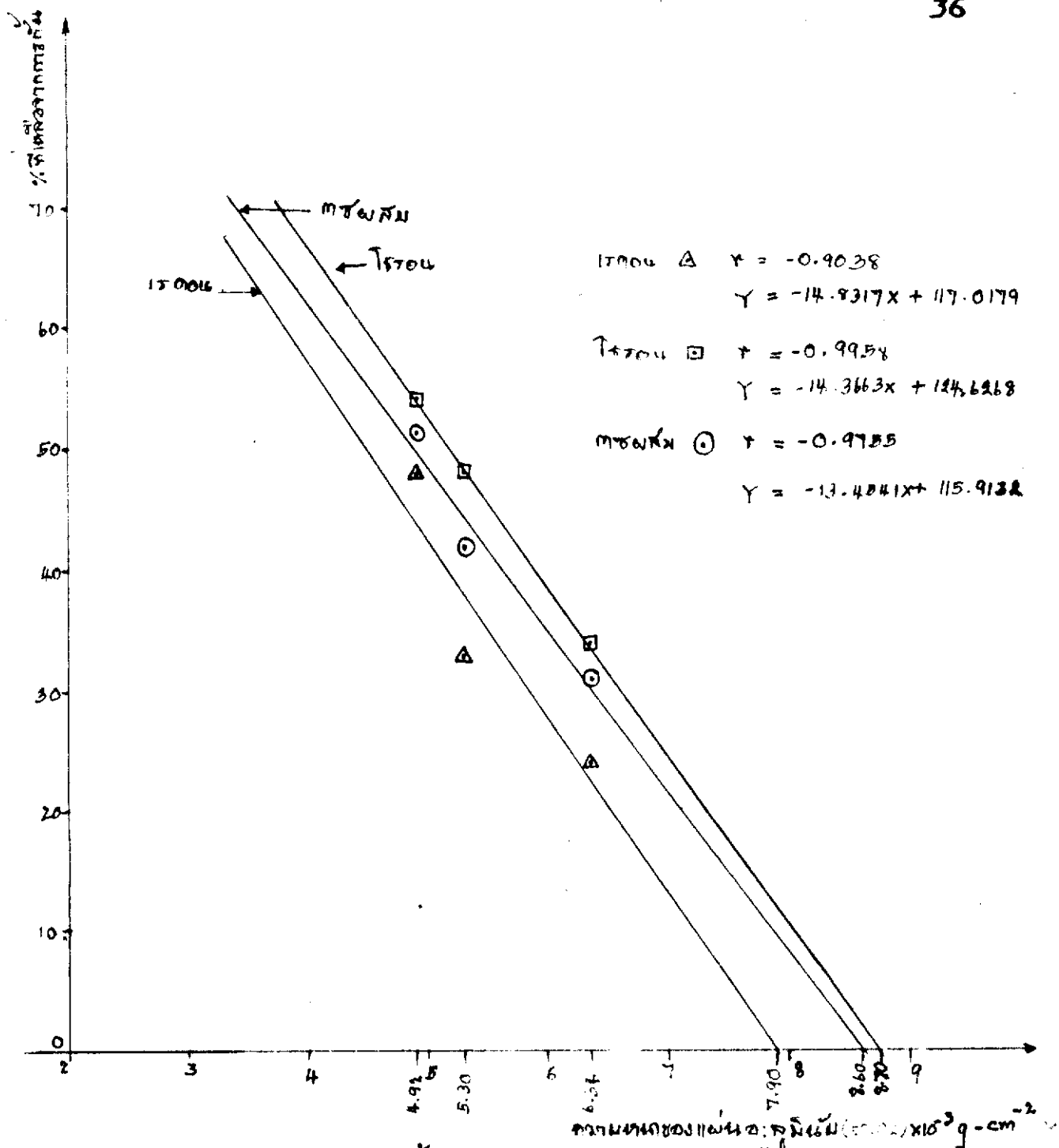
(X) : ความหนาของแผนอะลูมิเนียม (± 0.02) $\times 10^{-3}$ g-cm $^{-2}$	% ของจำนวนรอยที่เห็นจากการกัม		(Y) : % ของจำนวนรอยที่เห็น จากการกัมเฉย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
4.92	52.48	56.22	54.35
5.30	47.31	48.77	48.04
6.34	32.94	34.23	33.585

โลกา $r = -0.99575$ สมการพหุคูณเป็น $Y = -14.3663X + 124.6268$
เส้นกราฟที่แนบมา X ที่ความหนา $(8.7 \pm 0.02) \times 10^{-3}$ g-cm $^{-2}$ แสดงในภาพ
ประกอบ 15

ตาราง 10 แสดงผลการกัมมภาคตัดฟ้าจากทอไรซอน (โมนาไซต์) ด้วยแผนอะลูมิเนียม
ความหนาต่าง ๆ กัน

(X) : ความหนาของแผนอะลูมิเนียม (± 0.02) $\times 10^{-3}$ g-cm $^{-2}$	% ของจำนวนรอยที่เห็นจากการกัม		(Y) : % ของจำนวนรอยที่เห็น จากการกัมเฉย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
4.92	52.44	50.52	51.48
5.30	44.26	40.34	42.30
6.34	30.35	31.97	31.16

โลกา $r = -0.9755$ สมการพหุคูณเป็น $Y = -13.4541X + 115.9132$
เส้นกราฟที่แนบมา X ที่ความหนา $(8.6 \pm 0.02) \times 10^{-3}$ g-cm $^{-2}$ แสดงในภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของน้ำจากภาชนะเปิดสู่ภาชนะปิด โดยเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของน้ำกลั่น น้ำดื่ม และน้ำประปา ภายใต้สภาวะเดียวกัน

การคำนวณเปรียบเทียบความหนาของอะลูมิเนียมกับการทดลอง เมื่อยิงก๊วยอนุภาคอัลฟาพลังงาน 5.49 MeV.

$$\text{โดยใส่สูตร } R = 3.2 \times 10^{-4} \frac{\sqrt{A}}{\rho} R_a$$

R_a = พิสัยของอนุภาคอัลฟาในอากาศแห้ง ณ อุณหภูมิของการทดลอง (30°C) ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งหาได้จากความสัมพันธ์กับพิสัยของอนุภาคอัลฟาในอากาศแห้ง ที่อุณหภูมิ 15°C ความดัน 1 บรรยากาศ ดังนี้

$$R_{a,T} = \frac{T}{288} R_{a,15^\circ\text{C}}$$

$R_{a,15^\circ\text{C}}$ อ่านได้จากกราฟในภาพประกอบ 2 ที่ระดับพลังงาน 5.49 MeV.

$$\begin{aligned} \therefore R_{a,30^\circ\text{C}} &= \frac{303}{288} \times 4.00 \\ &= 4.2083 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore R &= 3.2 \times 10^{-4} \frac{\sqrt{27}}{2.696} \times 4.2083 \\ &= 25.9549 \times 10^{-4} \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\rho R = 6.9974 \times 10^{-3} \text{ g-cm}^{-2}$$

ตาราง 11 ผลการปนเปื้อนของ (ยูเรเนียม) กัมมันตรังสี และกัมมันตรังสี (โพแทสเซียม) ภายในตัวอย่าง

การปนเปื้อนของกัมมันตรังสี ($\pm .02$) $\times 10^{-3}$ g.cm ⁻²	% ของจำนวนรวมของกัมมันตรังสี											
	กัมมันตรังสี 1			กัมมันตรังสี 2			กัมมันตรังสี 1			กัมมันตรังสี 2		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
5.08	14.05	12.40	13.225	16.70	14.77	15.735	19.92	24.46	22.20	-	-	-
10.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

เนื่องจากแผนภาพการกระจายของกัมมันตรังสีที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างของกัมมันตรังสีในตัวอย่างที่วิเคราะห์ จึงไม่แนะนำให้ใช้แผนภาพการกระจายของกัมมันตรังสีเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบ

ตาราง 12 ผลการถักนูนภาคต่อหน้าจากกชเรขาคณิต (ยูเรเนียม) ด้วยกระดาษความหนา
ต่าง ๆ กัน

(X) : ความหนาของแผ่นกระดาษ $X(\pm 0.02 \times 10^{-3} \text{ g-cm}^{-2})$	% ที่เหลือจากกรงท 0.0225 มม. ²		% ที่เหลือจากการถักนูนเฉย
	กรงท 1	กรงท 2	
4.17	32.44	37.37	34.905
5.87	25.44	27.69	26.555
6.24	19.57	18.21	15.490
6.99	10.26	11.92	11.090
7.69	9.13	10.12	9.625
8.05	8.87	7.95	8.410

โดยที่ $r = -0.9561$ และค่าสมการพยากรณ์ $Y = -7.2643X + 64.9093$
และแผ่นกระดาษสามารถถักนูนภาคต่อหน้าจากยูเรเนียมได้หมดที่ความหนา
 $(8.95 \pm 0.02) \times 10^{-3} \text{ g-cm}^{-2}$ ดังแสดงในภาพประกอบ 16

ตาราง 13 ผลการถ่วงน้ำหนักของสารจากทริโกลิน (ขอเรียน) ด้วยกระดาษความหนา
ต่าง ๆ กัน

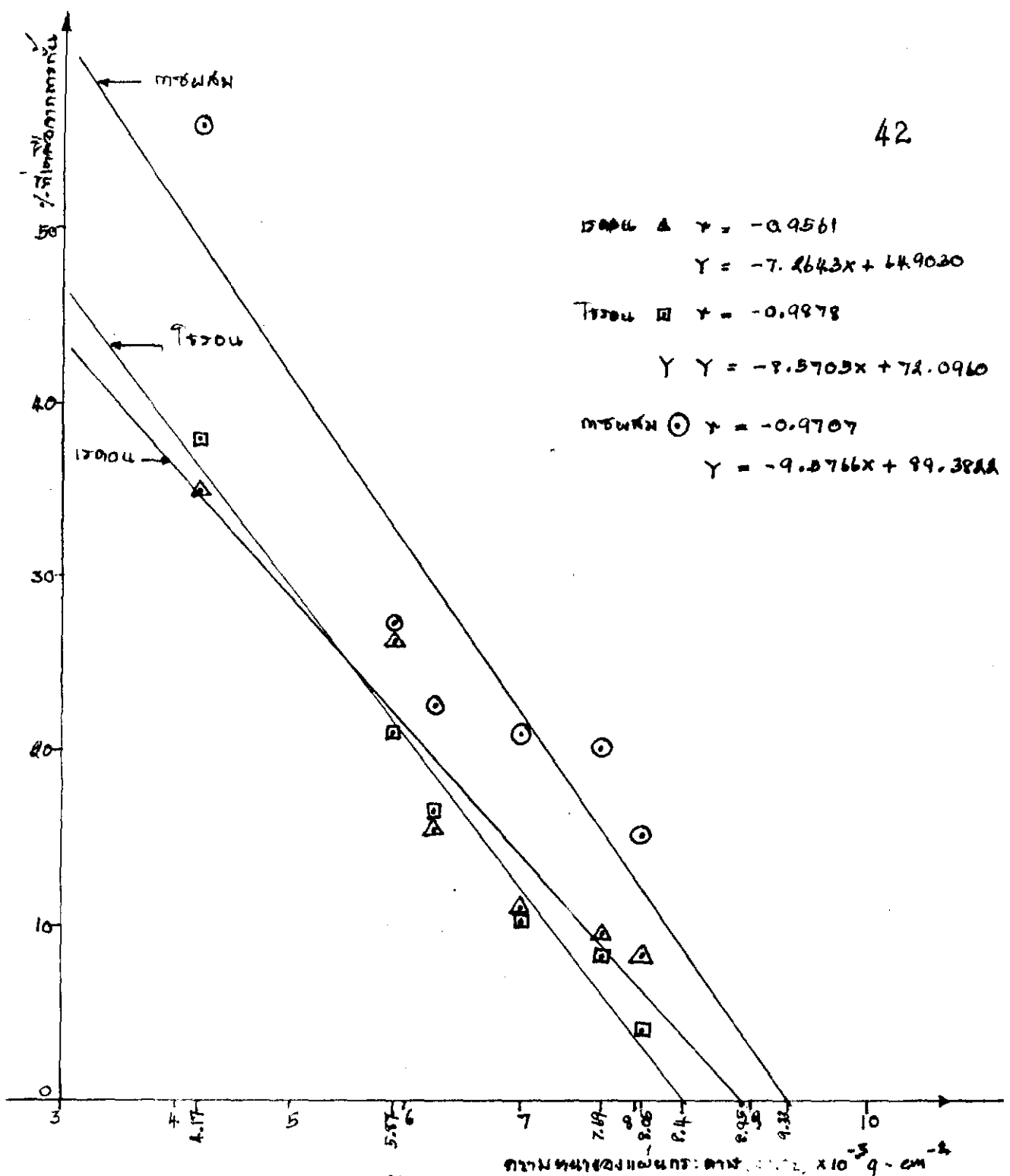
(X) ¹ ความหนาของแผ่นกระดาษ (± 0.02) $\times 10^{-3}$ g-cm ⁻²	% ที่เหลือจากการ \times 0.0225 มม. ²		(Y) ² % ที่เหลือจากการ ถนอมโดย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
4.17	36.24	39.92	38.08
5.87	20.04	22.28	21.16
6.24	14.95	18.11	16.53
6.99	10.62	15.76	13.01
7.69	10.24	12.44	11.34
8.05	8.35	12.47	10.41

ค่า $r = -0.9878$ สมการพหุนามเป็น $Y = -8.5705X + 72.0960$
 เส้นกราฟที่ถนอม X ที่ความหนา $(8.4 \pm 0.02) \times 10^{-3}$ g-cm⁻² แสดงในภาพ
 ประกอบ 16

ตาราง 14 ผลการขึ้นรูปจากอัตราความหนา (โมนาไซต์) ด้วยกระดาษความหนา
ต่าง ๆ กัน

(X) : ความหนาของแผ่นกระดาษ (± 0.02) $\times 10^{-3}$ g-cm ⁻²	% ที่เหลือจากการ \times / 0.0225 มม. ²		(Y) : % ที่เหลือจากการ \times เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
4.17	54.99	56.81	55.90
5.87	27.29	27.15	27.22
6.24	20.45	25.21	22.83
6.99	18.63	23.49	21.06
7.69	18.43	22.43	20.43
8.05	14.67	17.41	16.04

ค่า $r = -0.9707$ สมการพยากรณ์เป็น $Y = -9.5766X + 89.3822$
 เส้นกราฟที่แสดง X ที่ความหนา $(9.33 \pm 0.02) \times 10^{-3}$ g-cm⁻² แสดงในภาพ
 ประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความหนาแน่นของดิน
 ความชื้น ความหนาแน่น

จากกราฟในภาพประกอบ 16 เห็นกราฟเนื่องจากกราฟแกมมาไอโซโทปที่ใกล้เคียงกว่า
เส้นกราฟจากกราฟแกมมาเรดอน แสดงว่าอนุภาคอัลฟาจากแกมมาเรดอนมีพิสัย (range)
ยาวกว่าอนุภาคอัลฟาจากแกมมาไอโซโทป ซึ่งจัดกับอนุภาค เพราะอนุภาคอัลฟาจากแกมมาเรดอนมีพลัง
งานสูงกว่าอนุภาคอัลฟาจากแกมมาเรดอน ดังนั้น แผนกระดาษจึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นตัวสกัด
เพราะไต่จากแกมมาเรดอนโดยตรงก็เข้ามาที่อนุภาค

5. การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมและทอเรียมในแร่ เมื่อใช้แก้วแผ่นอะลูมิเนียม

เป็นการวิเคราะห์โดยการเทียบกันสารมาตรฐานยูเรเนียมออกไซด์ S-1 (U_3O_8)
จากทบวงการพลังงานระหว่างประเทศ (IAEA) ซึ่งมีปริมาณยูเรเนียม 0.45 % และ
สารมาตรฐานทอเรียมออกไซด์ S-2 (ThO_2) จากบริษัท BDX จำกัด ซึ่งมีปริมาณทอเรียม
87.69 %

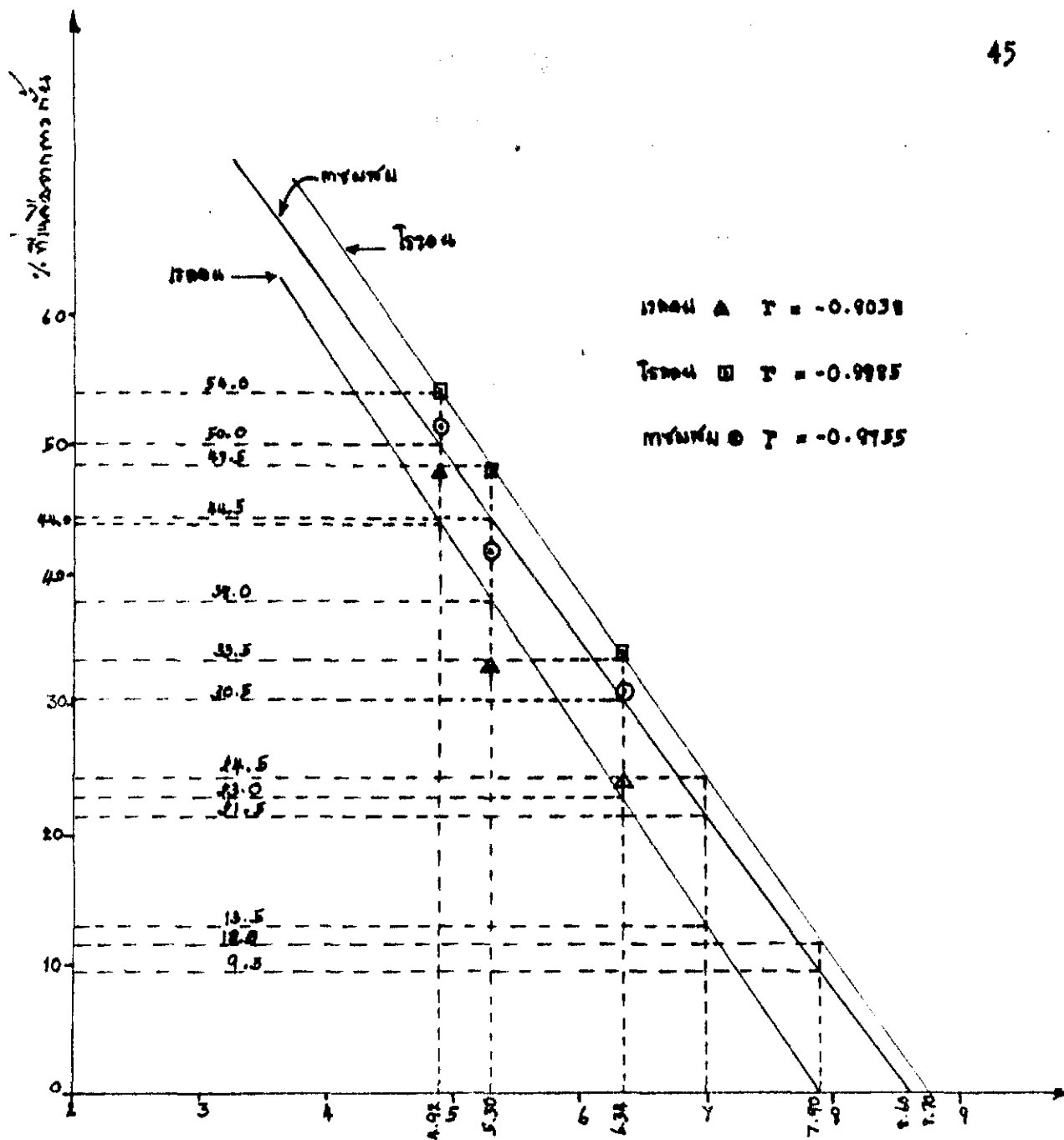
แร่ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่แร่โมนาไซต์ จากเหมืองแร่ที่ภูเก็ต
จังหวัดพังงา ภูเก็ต มีขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไปนี้

5.1 อานรังสีจาก S-1 ปริมาณ 11.73 กรัม S-2 ปริมาณ 22 กรัม
และ S-3 ปริมาณ 40 กรัม โดยไม่ต้องใช้แก้วแผ่นอะลูมิเนียม เป็นเวลา 10 วัน 3 วัน
และ 10 วัน ตามลำดับ บันทึกผลในตาราง 19

ตาราง 15 แสดงความหนาแน่นของอนุภาคอัลฟา เมื่ออาบรังสีจาก S-1 S-2 และ S-3 เมื่อไม่กั้นด้วยแผ่นอะลูมิเนียม

ต้นกำเนิด (Source)	ปริมาณของต้นกำเนิด (กรัม)	ความหนาแน่น/0.0225 มม. ²	จำนวนรอย/มม. ² -กรัม-วัน
S-1	11.73	2.92	1.1064
S-2	22.00	162.42	109.37
S-3	40.00	27.09	3.01

5.2 จำนวนการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้จากการที่อนุภาคอัลฟาจากทรวงอก กษโรธอน และกษผสม จากภาพประกอบที่ 15 ถึงแสดงในภาพประกอบ 17 แล้วบันทึกผลลงในตาราง 16



ความหนาของแผ่น: คูณด้วย $(\pm 0.02) \times 10^{-3}$ g - cm.

ภาพประกอบ 17 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมและทอเรียมในแร่โป่งน้ำร้อน จากเหมืองแร่ที่ภูเก็ตในทะเล จังหวัดพังงา เมื่อค้นคว้าค้นอะลูมิเนียม

ตาราง 16 ผลการกักตุนมลพิษจากอากาศเรือน ก๊าซเรือน และก๊าซผสม กักตุนแผ่นอะลูมิเนียม เมื่อดำเนินการแก้ไข
 ในภาพประกอบ 17

ค่าการกักตุนแผ่นอะลูมิเนียม (μO_2) $\times 10^{-3}$ g-cm ⁻²	ปริมาณของฝุ่นที่ปล่อยจากการกัก/0.0225 มม. ²			ค่าการกักตุนแผ่นอะลูมิเนียม/มม. ² - กรัม-กรัม
	เรือน	โถง	ก๊าซผสม	
4.92	44.0	54.0	50.0	1.505
5.30	36.0	46.5	44.5	1.33945
6.34	23.0	33.5	30.5	0.91805
* 6.99	13.5	24.5	21.5	0.64715
** 7.90	0	12.0	9.5	0.28595

* ค่าการกักตุนของแผ่นอะลูมิเนียมที่เก็บมาจากอากาศเรือนโถงที่เกิดจากการกักตุน
 ** ค่าการกักตุนของแผ่นอะลูมิเนียมที่เก็บมาจากอากาศเรือนโถงที่เกิดจากการกักตุน

5.3 ค่ามวลปริมาณธาตุเรเนียมและซอเวียมในแร่ เมื่อคำนวณแล้วจะดูถึงความหนา

ตาราง 9

$$X + Y = A \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$PX + qY = B \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$X = \frac{qA - B}{q - P} ; Y = \frac{B - PX}{q - P} \quad \dots\dots\dots (3)$$

X = จำนวนรอยที่เกิดจากกษยเรคอน/มม²- กรัม - วัน

Y = จำนวนรอยที่เกิดจากกษยโรธอน/มม²- กรัม - วัน

P = อัตราส่วนที่เหลือจากการกั้นกษยเรคอน จากตาราง 16

q = อัตราส่วนที่เหลือจากการกั้นกษยโรธอน จากตาราง 16

A = จำนวนรอยที่เกิดจากกษยผสม (โมนาไซต์)/มม²- กรัม - วัน

(จากตาราง 15)

B = จำนวนรอยที่เหลือจากการกั้นกษยผสม (โมนาไซต์)/มม²- กรัม - วัน

หาก X และ Y จากสมการ 1 และ 2 แล้วเทียบปริมาณธาตุเรเนียมและซอเวียม กับ S-1 และ S-2 จากตาราง 15 ตามลำดับ

การคำนวณปริมาณธาตุเรเนียมและซอเวียมในแร่ เมื่อคำนวณแล้วจะดูถึงความหนา

$$(4.92 \pm 0.02) \times 10^{-3} \text{ g - cm}^{-2}$$

$$X + Y = 3.01 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$.44X + .54Y = 1.505 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\therefore X = \frac{1.6254 - 1.505}{0.1} = 1.204 \text{ รอย}$$

$$Y = 3.01 - 1.204 = 1.806 \text{ รอย}$$

รอยจากกาชเรดอน 1.1064 รอย มีปริมาณยูเรเนียม = .45 เปอร์เซ็นต์

รอยจากกาชเรดอน 1.204 รอย มีปริมาณยูเรเนียม = $\frac{.45 \times 1.204}{1.1064}$ เปอร์เซ็นต์

∴ แร่โมเนไซต์ S-3 มีปริมาณยูเรเนียม = 0.4897 เปอร์เซ็นต์

รอยจากกาชโรดอน 109.37 รอย มีปริมาณเซอร์เรียม = 87.69 เปอร์เซ็นต์

รอยจากกาชโรดอน 1.806 รอย มีปริมาณเซอร์เรียม = $\frac{87.69 \times 1.806}{109.37}$ เปอร์เซ็นต์

∴ แร่โมเนไซต์ S-3 มีปริมาณเซอร์เรียม = 1.4480 เปอร์เซ็นต์

จากการคำนวณโดยวิธีเดียวกันนี้สามารถหาปริมาณยูเรเนียมและเซอร์เรียมในแร่โมเนไซต์ ตัวอย่าง S-3 นี้ได้แก่ตัวอย่างแผ่นอะลูมิเนียมขนาดความหนาต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตาราง 17

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมในแร่ เมื่อคำนวณด้วยวิธี (I) เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานแบบโครมิตรี (II) ใช้หัววัดโซเดียมไอโอไดด์ (ซีดเดียม), NaI(Tl) ขนาด 3" x 3" แบบหลุม (well-type)

ความหนาของแผ่นอะลูมิเนียม (± 0.02) $\times 10^{-3}$ g-cm ⁻²	ปริมาณยูเรเนียม (%)		ปริมาณเซอร์เรียม (%)	
	I	II	I	II
4.92	0.4897		1.4480	
5.30	0.4664		1.4939	
6.34	0.3489	0.357	1.7238	1.714
6.99	0.3339		1.755	
7.90	0.2551		1.9105	

สรุป ข้อผิดพลาดและข้อเสนอนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำเอาวิธีการ เทรค - เอทช์ (Track-Etch Method) มาใช้ศึกษาการแยกตัวของอนุภาคอัลฟาจากกษเรคอนและกษโรซอน และวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมในแร่ ซึ่งผลจากการวิจัยจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการสำรวจยูเรเนียมและธอเรียม ตลอดจนวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมที่ปนในธรรมชาติ เพราะประหยัดและสะดวกกว่าวิธีสำรวจแบบอื่น ๆ มาก

สรุปผล

1. ระยะเวลาที่เหมาะสมของการ เกิดและกัศร ออยบนแผ่นฟิล์มเซลลูโลสแบบ CN-85 โดแกการอบรังสีเป็นเวลา 10 วัน กัศร ออยด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 10 % ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 40 นาที ซึ่งให้ความหนาแน่นรอยของอนุภาคอัลฟาจากกษผสม (โบนาคไซต์ ปริมาณ 50 กรัม) $33.96 \pm 3.6031/0.0225$ มม.²

2. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยเฉลี่ยที่เกิดจากกษเรคอน (ยูเรเนียม) และกษโรซอน (ธอเรียม) เท่ากับ 3.40 ± 0.65 ไมครอน และ 2.20 ± 0.62 ไมครอน ตามลำดับ เส้นผ่าศูนย์กลางรอยที่เกิดจากกษผสม (โบนาคไซต์) แยกได้เป็น 2 พวก คือ 2.01 ± 0.37 ไมครอน และ 3.58 ± 0.42 ไมครอน

3. วัสดุบางที่ใช้กับอนุภาคอัลฟาโดแกแผ่นอะลูมิเนียม นิกเกิล และกระดาษ มีเพียงชนิดเดียว คือแผ่นอะลูมิเนียมเท่านั้นที่ใช้ได้ และความหนาที่คิดว่ามาจะกับกษเรคอนได้พบคือ $(7.9 \pm 0.02) \times 10^{-3}$ g-cm⁻² แต่ไม่สามารถหาอะลูมิเนียมหนาขนาดนี้ได้ จึงใช้ความหนา $(6.34 \pm 0.02) \times 10^{-3}$ g-cm⁻² ซึ่งกับอนุภาคอัลฟาจากกษเรคอนได้ถึง 77.0 % แทน

4. การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมและธอเรียมในแร่ โบนาคไซต์จากเหมืองแร่ที่มุก ในทะเล จังหวัดพังงา เมื่อเทียบกับแผ่นอะลูมิเนียมขนาดต่าง ๆ เทียบกับยูเรเนียมออกไซด์ (U₃O₈) ซึ่งมีปริมาณยูเรเนียม 0.45 % ปรากฏผลดังนี้

ความหนาของแผ่นอะลูมิเนียม (± 0.02) $\times 10^{-3}$ g-cm ⁻²	ปริมาณยูเรเนียม (%)	ปริมาณเซอร์เรียม (%)
4.92	0.4897	1.4480
5.30	0.4664	1.4939
6.34	0.3489	1.7238
* 6.99	0.3339	1.755
** 7.90	0.2551	1.9105

* ผิดจากการคำนวณ

** ผิดจากการทดลอง

อภิปรายผล

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ อภิปรายเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ระยะเวลาที่เหมาะสมของการ เกิดรอยและกักรอยบนแผ่นฟิล์มเซลลูโลสในเทรท

แบบ CN-85

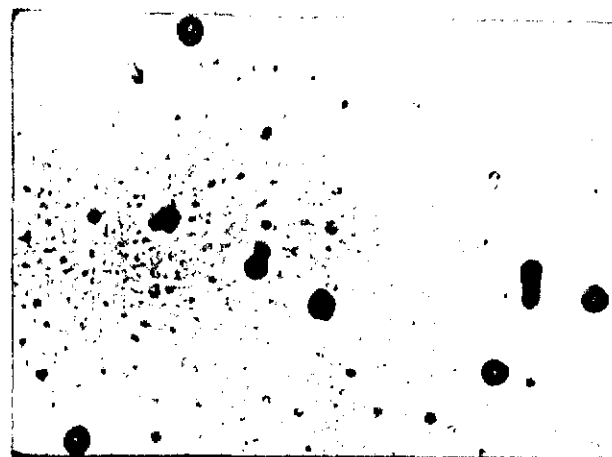
เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาของการฉายรังสี และความหนาแน่นรอย เป็นไปในลักษณะเส้นตรง ไม่ว่าจะกักรอยที่ 30 นาที 40 นาที 50 นาที หรือ 60 นาที ก็ตาม แสดงว่าอัตราการความหนาแน่นรอยแปรผันโดยตรงกับระยะเวลาของการฉายรังสี ดังนั้นจึงสามารถเลือกเวลาในการฉายรังสีเพื่อเกิดรอยได้เสมอ อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่เลือกก็ต้องให้พอเหมาะ คือเป็นระยะเวลาที่ความหนาแน่นรอยไม่มากหรือน้อยเกินไป เพราะถ้ามากเกินไป จะทำให้การตรวจนับรอยมีผิดพลาดได้ และถ้าน้อยเกินไป เมื่อนำวัสดุบางมากขึ้น เพื่อแยกกรอยที่เกิดจากภาพเรกอนและกาซีโตรอน จะเหลือรอยน้อยมาก ทำให้การคำนวณ

หาเปอร์เซ็นต์ที่เหลือจากการกั้นนิคพลาคได้เช่นกัน ส่วนระยะเวลาที่เหมาะสมของการ
กักรอยถ้อยเอาระยะเวลาที่อ่านรอยได้ชัดเจนที่สุด และความหนาแน่นรอยสูงสุด

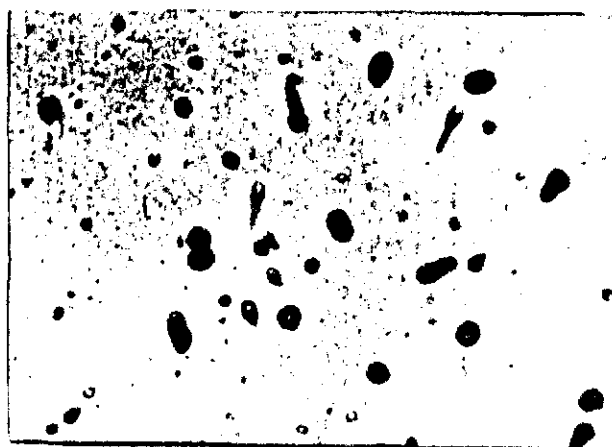
ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ เลือกใช้ระยะเวลาของการอาบรังสี 10 วัน กักรอยด้วย
สารละลาย NaOH เข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 40 นาที เป็นเงื่อนไขที่
เหมาะสม พบว่า สอดคล้องกับการวิจัยของ นเรศร์ จันทน์ขาว (นเรศร์ จันทน์ขาว
2523 ; 55) นอกจากนี้ นเรศร์ จันทน์ขาว ยังได้สำรวจภาคสนามที่อำเภอเวียง
จังหวัดขอนแก่น และที่เหมืองแร่กัมพูกันทะเล จังหวัดพังงา โดยใช้เงื่อนไขที่เหมาะสม
เดียวกัน

2. ผลจากการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอย พบว่า ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลาง
รอยของอนุภาคอัลฟาจากกาซโครอน ซึ่งมีพลังงาน 6.29 MeV. มีขนาดเล็กกว่าอนุภาค
อัลฟาจากกาซเรคอนพลังงาน 5.49 MeV. ผลที่ได้สอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่า อนุภาคที่มี
พลังงานสูง จะสูญเสียพลังงานในการเกิดไอออน น้อยกว่าอนุภาคชนิดเดียวกันที่มีพลังงาน
ต่ำกว่า ดังนั้น เส้นผ่าศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟาจากกาซโครอนจึงเล็กกว่ารอยที่เกิดจาก
กาซเรคอน

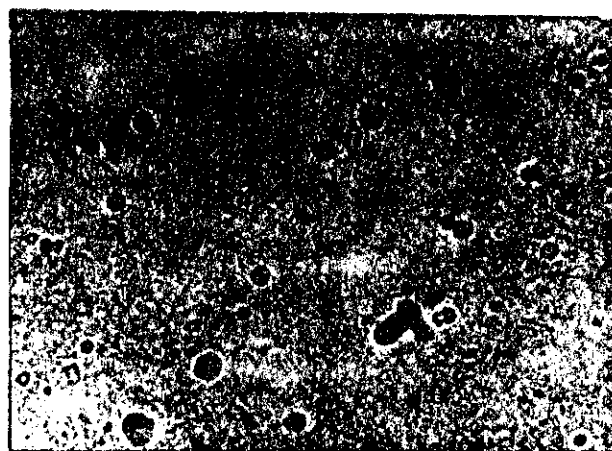
ส่วนผลการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยของกาซผสม (จากโมนาไซต์) ถึงแม้จะแยก
ได้เป็นสองกลุ่ม ซึ่งอยู่ในช่วงของเส้นผ่าศูนย์กลางรอยของกาซโครอนและกาซเรคอนก็ตาม
แต่ผลที่ได้ไม่น่าเชื่อถือเท่าที่ควร ทั้งนี้เป็นเพราะเทคนิคการวัดและเครื่องมือที่ใช้มีความ
ละเอียดไม่เพียงพอ รอยที่เกิดจากกาซเรคอน กาซโครอน และกาซผสม ที่ปรากฏบน
แผ่นฟิล์มเซดูลูโลสไนเทรท แบบ CN- 85 แสดงในภาพประกอบ 18 ก. 18 ข. และ
18 ค. ตามลำดับ



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 18 แสดงรอยของอนุภาคอัลฟาที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์มเซลลูโลสในเครื่อง
แบบ CN-85 ที่ตรอยด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 10%
ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 40 นาที

(ก) จากกาชเรคชบ (ข) จากกาชไซโรบ

(ค) จากกาชผสม

3. ขนาดความหนาที่เฉพาะสมของวัสดุที่ใช้กันอนุภาคอัลฟาจากกษเรดอน กษโพธอน และกษซม

ในการวิจัยครั้งนี้ แผนขยายการที่เพิ่มความหนาขนาดเคียว จึงไม่สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ เพราะข้อมูลไม่เพียงพอ ส่วนระยะการให้ค่าจากการทดลองตรงข้ามกับทฤษฎี (ภาพประกอบ 16) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกระบวนมีความหนาแน่นผิวไม่สม่ำเสมอ เมื่อนำไปกันอนุภาคอัลฟา จึงให้ค่าผิดพลาดได้

แผนอะลูมิเนียม เป็นวัสดุบางชนิดที่ทำได้ เพราะให้ค่าจากการทดลองสอดคล้องกับทฤษฎี นั่นคือ พิสัย (Range) ของอนุภาคที่พลังงานสูง จะมากกว่าพิสัยของอนุภาคชนิดเดียวกันที่พลังงานต่ำกว่า ซึ่งอนุภาคอัลฟาจากกษโพธอนมีพลังงานสูงกว่าอนุภาคอัลฟาจากกษเรดอนจึงมีพิสัยมากกว่า (ภาพประกอบ 15)

นอกจากนี้จากการคำนวณพิสัยของอนุภาคอัลฟาจากกษเรดอน เปรียบเทียบกับการทดลองได้ค่าใกล้เคียงกัน คือจากการทดลองเท่ากับ $(7.90 \pm 0.02) \times 10^{-3} \text{ g-cm}^{-2}$ และถือว่าความหนาของแผนอะลูมิเนียม $(7.90 \pm 0.02) \times 10^{-3} \text{ g-cm}^{-2}$ เป็นความหนาที่เฉพาะสม จากการทดลองเพราะสามารถกันอนุภาคอัลฟาจากกษเรดอนได้หมดพอดี แต่ไม่สามารถหาความหนาของเคียวได้ จึงใช้ความหนาขนาด $(6.34 \pm 0.02) \times 10^{-3} \text{ g-cm}^{-2}$ ซึ่งกันอนุภาคอัลฟาจากกษเรดอน กษโพธอน และกษซมได้ 77.0 % 66.5 % และ 69.5 % ตามลำดับแทน

4. การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมและเซอร์เรียมในแร่เมอแกนัยแผนอะลูมิเนียม

จากตาราง 17 พบว่าปริมาณยูเรเนียมลดลงเมื่อเพิ่มความหนาของแผนอะลูมิเนียม และเพิ่มขึ้นเมื่อลดความหนาของแผนอะลูมิเนียม ซึ่งปริมาณยูเรเนียมในแร่ตัวอย่างเกี่ยวกับเนเจอร์มีค่าเท่าเดิม

$$\text{พิจารณาสมการ } X = \frac{qA-B}{q-P} \text{ จากการคำนวณ}$$

ปริมาณยูเรเนียม (X) จะมากกว่าหรือขึ้นอยู่กับ (qA-B) และ (q-P) ซึ่งจำนวนแรกได้จากการวัดสัมพันธ์ระหว่างกราฟเส้นตรงเอนเองจากกษโพธอนและกษซม

(ภาพประกอบ 17) จำนวนหลังไค้จากความสัมพันธ์ระหว่างกราฟเส้นตรงเนื่องจาก ก๊าซโครนและก๊าซผสม (ภาพประกอบ 17) ถ้าจะให้ค่าปริมาณ (X) คงที่ จำนวนทั้งสอง จะต้องคงที่ด้วย นั่นคือเส้นกราฟทั้งสามเส้นต้องขนานกัน เมื่อพิจารณาความชันของเส้นกราฟ ในสมการพยากรณ์จากตาราง 8, 9 และ 10 พบว่าเส้นกราฟทั้งสามนี้ไม่ขนานกัน ที่เป็น เช่นนี้เพราะความผิดพลาดในการอ่านความหนาแน่นรอยของอนุภาคอัลฟาที่เหลือจากการกั้น ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเลือกเงื่อนไขของการอามรังสี (วัน) ผลจากการวิเคราะห์ พบว่าระยะเวลาของการอามรังสีจากก๊าซผสม (โมนาไซต์) 10 วัน เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมแล้ว ดังนั้นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจึงมาจากก๊าซเรคอนและก๊าซโครนเท่านั้น ซึ่ง อาจจะเป็นเพราะว่า ความหนาแน่นรอยของอนุภาคอัลฟาที่เกิดจากก๊าซเรคอน เมื่ออามรังสีเป็นเวลา 10 วัน น้อยเกินไป ในขณะที่ความหนาแน่นรอยของอนุภาคอัลฟาที่เกิดจาก ก๊าซโครน เมื่ออามรังสีเป็นเวลา 3 วัน มากเกินไป (ภาพประกอบ 16 ก. และ 18 ข. ความลำดับ) จึงทำให้การอ่านความหนาแน่นรอยที่เหลือจากการกั้นผิดพลาดไป

อย่างไรก็ตามที่ความหนา $(6.34 \pm 0.02) \times 10^{-3} \text{ g-cm}^{-2}$ ให้ผลการวิเคราะห์ ที่ใกล้เคียงกับการวัดด้วยวิธีแกมมาสเปคโตรเมตรี (ตาราง 17) จึงน่าจะเป็นความหนา ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมในแร่คราเวตๆไป

เมื่อเปรียบเทียบการแยกยูเรเนียมและธอเรียมในแร่ โดยการวัดขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางรอยของอนุภาคอัลฟา กับการกั้นด้วยแผ่นอะลูมิเนียม พบว่า ถ้าเครื่องมือ ในการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่ละเอียดเพียงพอ ควรใช้วิธีหลังเพราะได้ผลดีกว่า

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพบอุปสรรคและปัญหาอยู่บ้าง จึงขอเสนอแนะในการ วิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ควรศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการเกิดรอย (อามรังสี) เนื่องจากก๊าซ เรคอน และโครน บนแผ่นฟิล์มเซลลูโลสในเครท

2. ควรศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการถักถอบบนแผ่นฟิล์มเซลลูโลสในเทรทคัลยสารละลายเคมีอย่างอื่น เช่น KOH
3. ควรจะได้มีการศึกษาวิจัย เพื่อนำวัสดุตัวนำอย่างอื่นมาใช้เป็นวัสดุชั้นอนุภาคอัลฟา เพื่อการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมให้ได้ผลดียิ่งขึ้น
4. ควรจะได้มีการศึกษาวิจัย เพื่อผลิตแผ่นฟิล์มเซลลูโลสในเทรทซ์นซ์ใช้เองภายในประเทศ ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการสำรวจยูเรเนียมแบบแทรก-เอทซ์ ลงไปได้อีกมาก
5. ควรจะได้มีการศึกษาเพื่อแยกอนุภาคอัลฟา จากก๊าซเรดอนและโซรอนโดยสมบูรณ์ ด้วยการเปลี่ยนระยะเวลาของการถักถอบขึ้นเรื่อยๆ ในการวิจัยครั้งต่อไป
6. ควรจะได้มีการทดลองภาคสนาม เพื่อเปรียบเทียบกับ การวิจัยในห้องปฏิบัติการครั้ง^{นี้}ควย

115 80174 0001

บรรณานุกรม

- นเรศวร์ จันทน์ขาว "การศึกษาการสลายยูเรเนียมโดยวิธีแทรก-เอตซ์" วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 2523, 81 หน้า กัดสำเนา
- Ali, A. and Durrani S.A. "Etch Track Kinetics in Isotropic Detector," Nuc. Track Det. 1. p. 107 - 121, 1977.
- Balcazor-Garcia, M. and S.A. Durrani. "³He and ⁴He Spectroscopy Using Plastic Solid-State Nuclear Track Detector," Nuclear Instrument and Methods. 147 : 31 - 34, 1977.
- Benton, E.V. "A Study of Charged Particle Tracks in Cellulose Nitrate," in U.S. Naval Rad. Defense Lab. Tech. Report. p. 68 - 74, 1968.
- Birks, J.B. The Theory and Practice of Scintillation Counting. London, Pergamon Press, 1967. "unpaged"
- Fleischer, R.L.; P.B. Price and R.M. Walker. "Solid State Track Detectors: Applications to Nuclear Science and Geophysics," Annual Review of Nuclear Science. 15 : 1 - 23, January, 1965.
- . Nuclear Tracks in Solids: Principles and Applications. California, University of California Press, 1975. "unpaged"
- Gardner, R.P. and R.L.Jr. Ely. Radioisotopes Measurement Applications in Engineering. New York, Reinhold Publishing Corporation, p. 25 - 31, 1967.
- Gingrich, J.E. and J.C. Fisher. "Uranium Exporation Using The Track-Etch Method," Exporation for Uranium Ore Deposits (Proceeding of a Symposium). IAEA. Vienna: 213 - 227, 1976.
- Iyer, B.H. and V.V. Rao. "Solid State Detectors Help Search for Uranium," Nuclear India. 15 : 1, 3, 6, 8, September, 1976.
- Kaplan, I. Nuclear Physics. 2nd ed. Hong Kong, Wing Tai Cheung co., 1977. 674 p.
- Khan, H.A. and others. "Radon and Thoron Dosimetry by Plastic Solid State Nuclear Track Detector," Nuclear Instruments and Methods. 147 : 125 - 132, 1977.

- Khan, H.A. and others. "Some Characteristic Difference Between the Etch Piths due to Radon and Thoron Alpha Particles in CA 80 - 15 and LR - 115 Cellulose Nitrate Track Detector," International Journal of Applied Radiation and Isotopes, vol. 28 : 727 - 731. 1977.
- Khan, H.A. and R.A. Akber. "The Measurement of Radon by Alpha Sensitive Plastic Track Detectors for Use in Uranium Exporation," Solid State Nuclear Track Detectors, vol. 2. New York, Pergamon Press : 803 - 814, 1978.
- Knop, G. and W. Paul. Alpha-, Beta- and Gamma Rays Spectroscopy vol. 1. Edited by Kai Siegbhan. Amsterdam, North Holland Publishing co., 1975. 581 p.
- Lapp, R.E. and H.L. Andrews. Nuclear Radiation Physics, 4th ed. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1972. 447 p.
- Pileher, V.E.; C.C. Jones and G.R. Ellmers. "Particle Tracks in Cellulose Nitrate," American Journal of Physics, 40 : 679 - 683, May, 1972.
- Morse, R.H. "Radon Countries in Uranium Exporation," Exporation for Uranium Ore Deposits (Proceeding of a Symposium). IAEA, Vienna: 229 - 239, 1976.
- Spiegel, M.R. Theory and Problems of Statistics Schaum's Outline Series, New York, Mc Graw Hill, 1972. 471 p.
- Smith, A.Y.; P.M.C. Baretto and S. Pournis. "Radon Methods in Uranium Exporation," Exporation for Uranium Ore Deposits (Proceeding of a Symposium). IAEA. Vienna: 185 - 211, 1976.
- Somogyi, G. "A New Possibility for the Determination of Energy Distributions of Charged Particles in Solid States Nuclear Track Detectors," Nucl. Instrum. Meth. 42, p. 312 - 314, 1966.
- Somogyi, G., Medveczky L.; Hunyadi I. and Nyaka B. "Automatic Spark Counting of Alpha - Trakes in Plastic Foils," in Nuc. Track Det. 1, p. 131 - 138, 1977.
- Tripier, J. and others. "Etude de la structure des traces d'ions lourds dans un nitrate de cellulose par microscopie electronique," in Radiat. Effects, 3: 221 - 226, 1970.
- Qagish, A.Y. and C.B. Besant. "Detection Efficiency and Range Determination of Alpha Particles in Cellulose Nitrate," Nuclear Instrument and Methods. 138(3) : 493 - 503, 1 November, 1976.

การศึกษารายของอนุภาคอัลฟาที่เกิดจากยูเรเนียมและธอเรียม
โดยวิธีแทรก - เอทช

บทกยอ

ของ

สุปราณี มหาเสน

เสนอผลงานวิทยานิพนธ์ขึ้นครุฑวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้า
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กันยายน 2524

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ ท้องการศึกษารอยของอนุภาคอัลฟา ที่เกิดจากยูเรเนียมและ
ทอเรียม ด้วยวิธีแทรก - เอทซ์ โดยใช้แผ่นฟิล์มเซลลูโลสในเทรท แบบ CN - 85
เป็นวัสดุบันทึกตรอย และใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น
10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 40 นาที เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมของการ
กัดตรอย แบ่งการศึกษาดังกล่าวออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอย ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบไซส์ (Zeiss)
ซึ่งติดตั้งไมโครมิเตอร์ ที่เลนส์ใกล้ตา กำลังขยาย 1,250 เท่า พบว่า เส้นผ่าศูนย์กลาง
รอยเฉลี่ยของอนุภาคอัลฟา ที่เกิดจากกษเรดอน (ยูเรเนียม) และกษโรดอน (ทอเรียม)
เมื่อแยกกัน เท่ากับ 3.40 ± 0.65 ไมครอน และ 2.20 ± 0.62 ไมครอนตามลำดับ
และเส้นผ่าศูนย์กลาง รอยของอนุภาคอัลฟา ที่เกิดจากกษผสมระหว่างกษเรดอน และกษ
โรดอน (ไมนาไซท์) แยกเป็น 2 กลุ่ม คือ 2.01 ± 0.37 ไมครอน และ 3.58 ± 0.42
ไมครอน

2. วิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียม ความหนาขนาดต่าง ๆ กัน
อนุภาคอัลฟาจากกษเรดอน กษโรดอนและกษผสม การทรวจันรอยกระทำด้วยกล้อง
จุลทรรศน์ แบบไซส์ (Zeiss) กำลังขยาย 900 เท่า พบว่า เมื่อใช้แผ่น
อะลูมิเนียมความหนา $(6.34 \pm 0.02) \times 10^{-3}$ กรัม - ซม.⁻² ได้ผลการวิเคราะห์
ใกล้เคียงกับวิธีแอมมาสเปคโตรเมตรี

A STUDY OF ALPHA TRACKS FROM URANIUM AND THORIUM
BY TRACK-ETCH METHOD

AN ABSTRACT

BY

SUPRANEE MAHASAEN

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University

September 1981

The tracks caused by alpha particles from uranium and thorium were studied by using the track - etch method. Films made of cellulose nitrate (CN - 85) were used as recording materials. The 10 wt% solution of sodium hydroxide (NaOH) at 60°C in 40 minutes was found to be the optimum condition for track etching. The study was divided into two parts:

1. Measurement of track diameters were performed by using a Zeiss microscope (magnification 1250) and a micrometer which was attached to its eyepiece. We found that the average diameters of the tracks caused by alpha particles from radon (uranium) and from thoron (thorium), when used separately, were $3.40 \pm 0.65 \mu$ and $2.20 \pm 0.62 \mu$ respectively. We also found that the diameters of tracks caused by alpha particles from the mixture of radon and thoron (monazite) were $2.01 \pm 0.37 \mu$ and $3.58 \pm 0.42 \mu$.

2. We determined the amount of uranium present in the sample by using aluminum foils of various thicknesses as screens against alpha particles from radon, thoron and the gas mixture. Track counting was done by using the Zeiss microscope (magnification 900), we found that, when we used aluminum foil of thickness $(6.34 \pm 0.02) \times 10^{-3} \text{g-cm}^{-2}$, our result agreed essentially with that obtained by the method of - ray spectroscopy.