

การประยุกต์ใช้แผ่นซีดีสำหรับการวัดอนุภาคแอลฟา



นางสาวมนฤดี บัวหีบแก้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมนิเวศศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF COMPACT DISC FOR ALPHA DETECTION

Miss Monruedee Buaheepkaew



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Nuclear Technology

Department of Nuclear Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---------------------------------|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การประยุกต์ใช้แผ่นซีดีสำหรับการวัดอนุภาคแอลฟา |
| โดย | นางสาวมนฤดี บัวหีบแก้ว |
| สาขาวิชา | นิวเคลียร์เทคโนโลยี |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว |

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พรรณี แสงแก้ว)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์)

มนฤดี บัวหีบแก้ว : การประยุกต์ใช้แผ่นซีดีสำหรับการวัดอนุภาคแอลฟา (APPLICATION OF COMPACT DISC FOR ALPHA DETECTION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. นเรศร์ จันทน์ขาว, 66 หน้า.

แผ่นบันทึกข้อมูลชนิดคอมแพ็คดิสก์หรือซีดีทำด้วยพลาสติกโพลีคาร์บอเนต ซึ่งสามารถใช้ในการบันทึก รอยอนุภาคโปรตอนและแอลฟา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะประยุกต์ใช้แผ่นซีดีในการวัดอนุภาคแอลฟา โดยเฉพาะสำหรับการทดลองฟิสิกส์นิวเคลียร์ระดับมัธยมศึกษาเนื่องจากมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย โดยในขั้นแรกได้นำแผ่นซีดีที่ตัดให้มีขนาด 2.5 ซม. x 2.5 ซม. ไปวัดรังสีแอลฟาที่มีพลังงาน 5.49 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์จากต้นกำเนิดอะเมริเซียม-241 ที่ระยะห่าง 1-3 ซม. หลังจากนั้นได้นำไปล้างกักขยายรอยด้วยสารละลาย PEW ซึ่งประกอบด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 15 กรัม เอทานอล 45% และน้ำ 60% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลานานถึง 24 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าสามารถเห็นรอยอนุภาคแอลฟาได้เฉพาะการล้างกักขยายรอยที่ 60 องศาเซลเซียสด้วยกำลังขยาย x100 จึงได้เปลี่ยนส่วนผสมของสารละลาย PEW เป็นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัม เอทานอล 40% และน้ำ 60% เพื่อลดระยะเวลาในการล้างกักขยายรอย เมื่อใช้สารละลาย PEW สูตรที่สองทำให้สามารถมองเห็นรอยอนุภาคแอลฟาได้ชัดเจนเมื่อใช้เวลา 20-22 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

ในขั้นสุดท้ายได้ทดสอบแผ่นซีดีในการวัดก๊าซเรดอนจากถังก๊าซเรดอนมาตรฐาน แร่ยูเรเนียม-ทอเรียม และในดิน ผลปรากฏว่าได้ความหนาแน่นของรอยอนุภาคแอลฟาสูงสุดเมื่อใช้เวลา 8 และ 22 ชั่วโมง เมื่อทำการล้างกักขยายรอยด้วยสารละลาย PEW สูตรแรกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และสูตรที่สองที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ การล้างกักขยายรอยที่อุณหภูมิห้องมีความเหมาะสม การทดลองดังกล่าวเนื่องจากเหตุผลด้านความปลอดภัยและค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังได้เตรียมบททดลองระดับมัธยมเรื่องการอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนในดินไว้ด้วย

ภาควิชา วิศวกรรมนิวเคลียร์

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2557

5470331021 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEYWORDS:

MONRUEDEE BUAHEEPKAEW: APPLICATION OF COMPACT DISC FOR ALPHA DETECTION. ADVISOR: ASSOC. PROF. NARES CHANKOW, 66 pp.

Compact disc (CD) is made of polycarbonate plastic which can be used to for registration of proton and alpha tracks. The objective of this research is to apply the CD for measurement of alpha particles particularly for high school nuclear physics experiment due to its low cost and availability. The CD was first cut into 2.5 cm x 2.5 cm chips and exposed to 5.49 MeV alpha particles from an americium-241 (^{241}Am) source at 1.0 to 3.0 cm distance. The CD chips were then etched with PEW solution containing 15g of KOH, 45 % ethanol and 60% water at 60 °C for 4 – 6 hours and at room temperature (~30 °C) for up to 24 hours. Only etching at 60 °C could make alpha tracks visible at the magnification of x100. Composition of the PEW solution was then changed to 20 g of KOH, 40 % ethanol and 60% water to reduce the etching time. Alpha tracks could be clearly observed at 20 -22 hours when etching with the PEW solution formula 2 at room temperature.

The CD chips were finally tested for measurement of radon gas from the standard Radon Chamber, uranium-thorium ore and in soil. The maximum alpha track densities were obtained at 8 and 22 hours etching time using the first PEW solution at 60 °C and the PEW solution formula 2 at room temperature, respectively. Etching at room temperature was appropriate for the experiment due to safety and economic reasons. In addition, an experimental procedure for measurement of alpha particles from radon gas in soil for high school level was also prepared.

Department: Nuclear Engineering

Student's Signature

Field of Study: Nuclear Technology

Advisor's Signature

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจากบุคคลและหน่วยงานในหลายฝ่าย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้บังคับบัญชาโรงเรียนคอนสารวิทยาคม อ.คอนสาร จ. ชัยภูมิ ทุกท่านที่เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยลาศึกษาต่อในครั้งนี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นเรศร์ จันทน์ขาว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ รวมถึงให้กำลังใจ ในทุกขั้นตอนการทำ วิทยานิพนธ์ อาจารย์เดโช ทองอร่าม และผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์ ที่ให้ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้กำลังใจเสมอมา

ขอบคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ทุกท่านที่อบรม ให้ความรู้ ความเข้าใจใน ด้านนิวเคลียร์เทคโนโลยี จนผู้วิจัยมีความรู้ไปประกอบการทำวิทยานิพนธ์

ขอบคุณ ดร. ชุตินา กรานรอน คุณเฉลิมพงษ์ โพธิ์ลี และคุณพงษ์ยุทธ ศรีพลอย ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ความรู้ อุปกรณ์การทดลอง รวมถึงชี้แนะแนวทางในการทำวิจัย

ขอบคุณ คุณอัมพิกา จาวะนา และพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือเกื้อกูล เป็น กำลังใจและแบ่งปันความสำเร็จให้กันและกัน ขอขอบคุณมิตรภาพที่ทุกคนมอบให้แก่ผู้วิจัย

และขอขอบคุณ ความรัก ความเข้าใจจากคุณพ่อ คุณแม่ พี่ๆ และคนในครอบครัวทุกคนที่คอยสนับสนุนผู้วิจัยในทุกด้าน จนผู้วิจัยสามารถผ่านอุปสรรคมาได้ในทุกวันนี้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญรูปภาพ..... | ฎ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... | 3 |
| 1.3 ขอบเขตการวิจัย | 3 |
| 1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย..... | 3 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย..... | 3 |
| 1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 4 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 7 |
| 2.1 แหล่งกำเนิดของรังสี | 7 |
| 2.1.1 แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติ (natural radiation source)..... | 7 |
| 2.1.2 แหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น | 9 |
| 2.2 อันตรกิริยา (interaction) ของอนุภาคแอลฟากับสสาร..... | 12 |
| 2.2.1 การถ่ายเทพลังงานของอนุภาคแอลฟา..... | 12 |
| 2.2.2 พิสัย (Range) และพลังงานของอนุภาคแอลฟา | 14 |
| 2.3 ทฤษฎี แทรก - เอทช์ (Track etched)..... | 18 |
| 2.3.1 ทฤษฎีเทอร์มัลสไปค์ (Thermal spike)..... | 18 |

| | |
|--|----|
| 2.3.2 ทฤษฎีไอออนเอกซ์โพสิชันสไปค์ (Ion explosion spike)..... | 18 |
| 2.4 การกัดรอย (Etching)..... | 20 |
| 2.4.1 ทฤษฎีการกัดรอย | 20 |
| 2.4.2 ผลของการกัดขยายรอยโดยใช้เวลานาน (Prolong Etching Effect)..... | 23 |
| 2.4.3 สารละลาย PEW | 23 |
| 2.4.4 การนั้บรอย..... | 24 |
| 2.5 แผ่นซีดีหรือคอมแพ็คดี..... | 24 |
| 2.5.1 โพลีคาร์บอเนต..... | 25 |
| 2.6 ตั้บกำเนิตรังสี..... | 25 |
| 2.6.1 อะเมริเซียม - 241 | 25 |
| บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย | 26 |
| 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ | 26 |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย..... | 27 |
| 3.3 ตั้บกำเนิตรังสี..... | 27 |
| 3.3.1. ตั้บกำเนิตรังสีอะเมริเซียม – 241 | 27 |
| 3.3.2. ผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม..... | 27 |
| 3.3.3 เรดอนแชมเบอร์ | 27 |
| 3.4 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 28 |
| 3.4.1 บั้บที่กรอยอนุภาคแอลฟาจากตั้บกำเนิตรังสีอะเมริเซียม – 241 | 28 |
| 3.4.2 บั้บที่กรอยอนุภาคแอลฟาจากกำชเรดอนในเรดอนแชมเบอร์..... | 31 |
| 3.4.3 บั้บที่กรอยอนุภาคแอลฟาจากกำชเรดอนจากแร่ที่มีองค์ประกอบของธาตุยูเรเนียม ... | 32 |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย..... | 36 |
| 4.1 ผลการบั้บที่กรอยอนุภาคแอลฟาจากตั้บกำเนิตรังสีอะเมริเซียม – 241 | 36 |

| | |
|--|----|
| 4.2 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่บรรจุอยู่ในเรดอนแชมเบอร์ | 39 |
| 4.3 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายจากผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม | 40 |
| 4.4 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายในดิน | 41 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย..... | 50 |
| 5.1 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเชียม – 241 | 50 |
| 5.2 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่บรรจุอยู่ในเรดอนแชมเบอร์ | 51 |
| 5.3 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายจากผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม | 51 |
| 5.4 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายในดิน | 52 |
| 5.5 ข้อเสนอแนะ | 53 |
| รายการอ้างอิง | 54 |
| ภาคผนวก..... | 56 |
| ภาคผนวก ก | 57 |
| ภาคผนวก ข | 60 |
| ภาคผนวก ค | 66 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ | 67 |

สารบัญตาราง

หน้า

| | |
|---|----|
| ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างธาตุกำมะถันตรังสีเริ่มต้นที่พบในธรรมชาติ | 8 |
| ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างธาตุกำมะถันตรังสีที่เกิดขึ้นจากรังสีคอสมิก | 8 |
| ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างธาตุกำมะถันตรังสีที่มีมนุษย์ผลิตขึ้น | 10 |
| ตารางที่ 2.4 ปริมาณกำมะถันตรังสีในดิน..... | 11 |
| ตารางที่ 2.5 ปริมาณกำมะถันตรังสีในหิน..... | 12 |
| ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นในแผ่นซีดีหลังจากวัดอนุภาค แอลฟา..... | 43 |
| ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นในแผ่นซีดีหลังจากวัดอนุภาค แอลฟา..... | 44 |
| ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นในแผ่นซีดีหลังจากวัดอนุภาค แอลฟา..... | 45 |
| ตารางที่ ก 1 จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ยเมื่อใช้แผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคจาก ต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 ล้างกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก..... | 56 |
| ตารางที่ ก 2 จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ยเมื่อใช้แผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคจาก ต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 ล้างกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง..... | 57 |
| ตารางที่ ก 3 จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ยเมื่อใช้แผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคจากก๊าซเรดอน ล้างกัตรอย ด้วยสารละลาย PEW สองความเข้มข้น..... | 58 |

สารบัญรูปภาพ

หน้า

| | | |
|-------------|---|----|
| รูปภาพ 2.1 | แผนภาพการแตกตัวเป็นไอออนของอะตอมเมื่อได้รับการถ่ายโอนพลังงาน..... | 13 |
| รูปภาพ 2.2 | แผนภาพแสดงแสดงการเกิดสภาวะกระตุ้นของอะตอมเมื่อได้รับพลังงาน | 14 |
| รูปภาพ 2.3 | พิสัยของอนุภาคแอลฟา พลังงาน 5.49 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ในอากาศ | 16 |
| รูปภาพ 2.4 | อัตราการสูญเสียพลังงานของอนุภาคแอลฟาในอากาศตามระยะทางที่วิ่งผ่าน | 17 |
| รูปภาพ 2.5 | แสดงการเกิดรอยในตัวกลางที่เป็นฉนวนตามทฤษฎีเทอมัลสไปค์..... | 18 |
| รูปภาพ 2.6 | แสดงภาพการเกิดรอยในตัวกลางตามทฤษฎีไอออนเอกซิโพลชันสไปค์..... | 19 |
| รูปภาพ 2.7 | แสดงภาพการเกิดรอยอนุภาคในตัวกลางโพลีเมอร์ | 20 |
| รูปภาพ 2.8 | แผนภาพแสดงการเกิดรอยบนพื้นผิวตัวกลางระหว่างการล้างกัตรอย..... | 21 |
| รูปภาพ 2.9 | รอยอนุภาคในตัวกลางเมื่อผ่านการล้างกัตรอย | 22 |
| รูปภาพ 2.10 | แสดงโครงสร้างส่วนประกอบของแผ่นซีดี | 24 |
| รูปภาพ 2.11 | แสดงโครงสร้างโมเลกุลของพอลิคาร์บอนเนต | 25 |
| รูปภาพ 3.1 | โทรอนแชมเบอร์และเรดอนแชมเบอร์ | 28 |
| รูปภาพ 3.2 | แสดงภาพแผ่นซีดีที่ตัดตามขนาดที่ต้องการ..... | 29 |
| รูปภาพ 3.3 | ภาพการใช้แผ่นซีดีวัดรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสี อะเมริเซียม - 241..... | 29 |
| รูปภาพ 3.4 | แสดงภาพการกัตรอยแผ่นซีดีด้วยสารละลาย PEW ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส..... | 30 |
| รูปภาพ 3.5 | แสดงการต่อเชื่อมกล้องจุลทรรศน์เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Motic Image Plus 2.0 | 30 |
| รูปภาพ 3.6 | แผ่นซีดีที่เตรียมไว้สำหรับนำไปบันทึกรอยอนุภาค | 31 |
| รูปภาพ 3.7 | แสดงภาพการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากเรดอนในเรดอนแชมเบอร์ | 31 |
| รูปภาพ 3.8 | ประยุกต์ใช้แผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาที่ฟุ้งกระจายจากผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม..... | 32 |

| | | |
|-------------|---|----|
| รูปภาพ 3.9 | บันทึกการร่อนอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายในดินโดยแผ่นซีดี..... | 34 |
| รูปภาพ 4.1 | ภาพถ่ายร่อนอนุภาคแอลฟาบนแผ่นซีดี กำลังขยาย 100 เท่า..... | 36 |
| รูปภาพ 4.2 | ภาพถ่ายร่อนอนุภาคแอลฟาบนแผ่นซีดี กำลังขยาย 100 เท่า..... | 38 |
| รูปภาพ 4.3 | ภาพถ่ายร่อนอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนบนแผ่นซีดี กำลังขยาย 100 เท่า..... | 40 |
| รูปภาพ 4.4 | ภาพถ่ายร่อนอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนบนแผ่นซีดีจากเรดอนแชมเบอร์ กำลังขยาย 100 เท่าเมื่อกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส..... | 40 |
| รูปภาพ 4.5 | ภาพถ่ายร่อนอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนบนแผ่นซีดีจากแร่ กำลังขยาย 100 เท่า.... | 41 |
| รูปภาพ 4.6 | ภาพถ่ายร่อนอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนบนแผ่นซีดีในดิน กำลังขยาย 100 เท่า..... | 42 |
| รูปภาพ 4.7 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นร่อนอนุภาคแอลฟากับเวลาที่ใช้ในการกัตรอย ในสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง เมื่อบันทึกการร่อนอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 และก๊าซเรดอน..... | 46 |
| รูปภาพ 4.8 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นร่อนอนุภาคแอลฟากับเวลาที่ใช้ในการกัตรอย..... | 47 |
| รูปภาพ ข. 1 | อัตราการสูญเสียพลังงานของอนุภาคแอลฟาในอากาศตามระยะทางที่วิ่งผ่าน (สำหรับอนุภาคแอลฟาพลังงาน 5 MeV จากอะเมริเซียม-241)..... | 60 |
| รูปภาพ ข. 2 | แสดงภาพการเกิดร่อนอนุภาคในตัวกลางโพลีเมอร์..... | 60 |
| รูปภาพ ข. 3 | แผนภาพแสดงการเกิดร่อนบนพื้นผิวตัวกลางระหว่างการล้างกัตรอยในสารละลายกัตรอย..... | 61 |
| รูปภาพ ข. 4 | แสดงโครงสร้างส่วนประกอบของแผ่นซีดี..... | 61 |
| รูปภาพ ข. 5 | ประยุกต์ใช้แผ่นซีดีบันทึกการร่อนอนุภาคแอลฟาที่ฟุ้งกระจายในดิน..... | 63 |
| รูปภาพ ข. 6 | แสดงภาพแผ่นซีดีที่ผ่านการเจาะรูสำหรับเตรียมล้างกัตรอย..... | 63 |
| รูปภาพ ข. 7 | แสดงภาพแผ่นซีดีที่ผ่านการวัดอนุภาคแอลฟาสำหรับนำไปล้างกัตรอย..... | 63 |
| รูปภาพ ค. 1 | ใบรับรองความแรงรังสีของต้นกำเนิดรังสี อะเมริเซียม - 241..... | 65 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

หลักสูตรการเรียนการสอนฟิสิกส์นิวเคลียร์ในระดับมัธยมศึกษาในปัจจุบัน เป็นการสอน ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับความหมายของธาตุกัมมันตรังสี กัมมันตภาพรังสี การประยุกต์ใช้ ประโยชน์และโทษของสารกัมมันตรังสี ซึ่งยังไม่มีการทดลองที่เน้นศึกษาธาตุกัมมันตรังสีโดยตรง มี เพียงการทดลองเชิงอุปมาอุปมัยเรื่อง การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี โดยเปรียบเทียบกับ การทอย ลูกเต๋า ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาเรื่องนี้ได้โดยง่าย เนื่องจากธาตุ กัมมันตรังสี เป็นธาตุที่ไม่สามารถสังเกตหรือรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์แต่มีการสลายตัวให้ กัมมันตภาพรังสีออกมาตลอดเวลา จึงยากต่อการนำมาเป็นสื่อการเรียนการสอน การออกแบบการ ทดลองเพื่อศึกษาธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ จึงเป็นสิ่งที่น่าศึกษา เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา เรื่องฟิสิกส์นิวเคลียร์ได้ดียิ่งขึ้น เพราะการได้ลงมือปฏิบัติจริงจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจและ สามารถบูรณาการความรู้ได้ดียิ่งขึ้น

ธาตุกัมมันตรังสี (Radioactive Elements) หมายถึงธาตุหรือนิวไคลด์ที่มีนิวเคลียสของ อะตอมไม่เสถียร เกิดการสลายตัวของนิวเคลียสตลอดเวลาซึ่งทำให้เกิดเป็นนิวไคลด์ใหม่และแผ่รังสี ออกมา รังสีที่แผ่ออกมาเรียกว่า กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) มี 3 ชนิด คือ อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา และรังสีแกมมา [1] อากาศทั่วไปมีก๊าซเรดอนปะปนอยู่ซึ่งเป็นก๊าซกัมมันตรังสีที่เกิดจาก การสลายตัวของอนุกรมยูเรเนียม ก๊าซเรดอนมี 3 ไอโซโทป ได้แก่ ก๊าซแอกติโนน (Rn-219) เกิดจาก การสลายตัวในอนุกรมแอกติเนียม มีค่าครึ่งชีวิต 4.0 วินาที ก๊าซทรอน (Rn-220) เกิดจากการ สลายตัวในอนุกรมทอเรียม มีค่าครึ่งชีวิต 55.6 วินาที และก๊าซเรดอน (Rn-222) มีค่าครึ่งชีวิต 3.82 วัน ทั้งสามไอโซโทปเมื่อสลายตัวจะปลดปล่อยอนุภาคแอลฟาออกมา แต่เนื่องจากก๊าซแอกติโนนและ ก๊าซทรอนมีค่าครึ่งชีวิตสั้นมากจึงสลายตัวไปในเวลารวดเร็ว จากการศึกษาพบว่า ก๊าซเรดอนเป็น สาเหตุที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งปอดมากเป็นลำดับที่สอง รองจากบุหรี่ จึงทำให้เกิดการศึกษาเรื่องก๊าซ เรดอนกว้างขวางมากยิ่งขึ้นแต่เนื่องจากก๊าซเรดอนไม่สามารถวัดหรือรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสของ มนุษย์และเกิดปฏิกิริยากับสารใดๆ ได้ยาก การตรวจวัดเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนจึง

ทำได้เพียงตรวจวัดรังสีที่ถูกปล่อยออกมาจากขั้นตอนการสลายตัวของก๊าซเรดอน ในปัจจุบันได้มีการศึกษาการมีอยู่ของก๊าซเรดอนหลากหลายวิธี วิธีที่บุคคลทั่วไปสามารถทำได้ คือ Alpha – track detector ซึ่งไม่สามารถทราบผลทันที แต่สะดวกและราคาไม่แพง [2] เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดรังสีชนิดอื่นๆ

จากการค้นพบรอย (track) ที่เกิดจาก uranium fission fragments บนแผ่นฟิล์มไมก้าโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ Silk และ Barnes ในปี 1959 ทำให้การศึกษารอยที่เกิดจากอนุภาคที่มีประจุในของแข็งได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย และมีการใช้ความรู้ดังกล่าวมาประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้วัดอนุภาคที่มีประจุมากยิ่งขึ้นเมื่อ Price และ Walker ได้พัฒนาเทคนิคการกักรอยโดยใช้สารเคมี ทำให้สามารถอ่านรอยที่เกิดขึ้นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาได้ในปี 1962 [3] จากทฤษฎี “Ion Explosion Spike” ทำให้ทราบว่าเมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางที่เป็นฉนวนประจุไฟฟ้าในอนุภาคนั้นจะถ่ายโอนพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในตัวกลางทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจร (Ionization) เกิดประจุบวกขึ้นรอบๆ แนวทางที่อนุภาคนั้นเคลื่อนที่ผ่าน ประจุบวกเหล่านี้เมื่ออยู่ใกล้กันจะเกิดแรงผลักกันขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ไปเบียดอะตอมถัดไป เกิดความเครียดขึ้น ความเครียดนี้จะแผ่กระจายไปยังอะตอมถัดไปทุกทิศทาง โมเลกุลจึงจัดเรียงตัวกันใหม่เพื่อให้เกิดสมดุล ส่งผลให้เกิดรอยขึ้นในตัวกลางอย่างถาวร [4]

อุปกรณ์สำเร็จรูปที่ใช้วัดรอยอนุภาคแอลฟาในปัจจุบันจำเป็นต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศและมีราคาแพง เมื่อเปรียบเทียบราคาต่อหน่วยและการใช้งาน ดังนั้นหากเราสามารถประยุกต์ใช้วัสดุที่มีอยู่ในประเทศที่ราคาไม่แพงและหาซื้อได้ง่ายมาใช้เป็นเครื่องมือวัดอนุภาคแอลฟาได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง จากงานวิจัยที่ผ่านมา [5] ทำให้ทราบว่าโพลีคาร์บอเนตสามารถใช้บันทึกรอยอนุภาคที่มีประจุได้ดี นั้นแสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากโพลีคาร์บอเนตย่อมสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแบบบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการประยุกต์ใช้แผ่นซีดี (compact disc) สำหรับการวัดอนุภาคแอลฟาเพื่อพัฒนาเป็นชุดทดลองสำหรับการเรียนการสอนฟิสิกส์นิวเคลียร์ในระดับมัธยมศึกษาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อประยุกต์ใช้แผ่นซีดีสำหรับการวัดอนุภาคแอลฟาโดยการบันทึกรอย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 หาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการทำให้เกิดรอยของอนุภาคแอลฟาบนแผ่นซีดีจากก๊าซเรดอน ได้แก่ ระยะเวลา ความเข้มข้นสารละลาย PEW และอุณหภูมิ

1.3.2 ออกแบบชุดทดลองเรื่องการวัดอนุภาคแอลฟาโดยการบันทึกรอยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนเรื่องฟิสิกส์นิวเคลียร์ระดับมัธยมศึกษา

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 หาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการทำให้เกิดรอยของอนุภาคแอลฟาบนแผ่นซีดีจากก๊าซเรดอน ได้แก่ ระยะเวลา ความเข้มข้นสารละลาย PEW และอุณหภูมิ

1.4.3 ออกแบบชุดทดลองเรื่องการวัดอนุภาคแอลฟาโดยการบันทึกรอยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนเรื่องฟิสิกส์นิวเคลียร์ระดับมัธยมศึกษา

1.4.4 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองพร้อมทั้งจัดทำรูปเล่มรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ได้เทคนิคและเงื่อนไขที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้แผ่นซีดีสำหรับการวัดอนุภาคแอลฟาโดยการบันทึกรอย และสามารถพัฒนาเป็นสื่อชุดทดลองสำหรับการเรียนการสอนฟิสิกส์นิวเคลียร์ในระดับมัธยมศึกษา

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 ปี พ.ศ. 2522 นเรศร์ จันทน์ขาว [6] ได้ทำการวิจัยเรื่อง ศึกษาการสำรวจยูเรเนียมโดยใช้วิธีการแทรก - เอทซ์ ทำการวิจัยโดยใช้ฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท ติดไว้ในกันถ้วยพลาสติก เพื่อตรวจวัดอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งออกจากแร่ยูเรเนียม พบว่า การกักรอยบนฟิล์มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด ความหนาแน่นรอยของอนุภาคแอลฟาที่ปรากฏบนฟิล์มเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของยูเรเนียมและเรเดียม นอกจากนี้ยังศึกษาทดสอบหาตำแหน่งของกักรอยยูเรเนียมที่ฝังไว้ในทรายโดยใช้ถ้วยสำรวจยูเรเนียมและแอลฟามิเตอร์ พร้อมทั้งศึกษาการฟุ้งของเรดอนในทรายแห้งด้วย การตรวจวัดก๊าซเรดอนในดินที่ระดับความลึก 75 เซนติเมตร จาก 10 จังหวัด ได้ค่าความหนาแน่นรอยส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2 -7 รอยต่อตารางมิลลิเมตรต่อวัน

1.6.2 ปี พ.ศ. 2528 กมล รุ่งสว่าง [7] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาวิธีการสำรวจแร่กัมมันตรังสีโดยใช้ถ้วยแทรกเอทซ์เทคเตอร์ โดยทำบนพื้นที่ของเหมืองแร่ทิพ ดอยช้าง อ.อมก๋อย จ. เชียงใหม่ ใช้ถ้วยดีเทคเตอร์ทั้งหมด 36 ใบ ฝังที่ระดับความลึก 30 - 70 เซนติเมตร ตามแนวกริด ห่างกัน 50 เมตรครอบคลุมพื้นที่ 43,000 ตารางเมตร พบว่า บนพื้นที่ที่คาดว่ามียูเรเนียมความเข้มข้นสูง จะปรากฏร่องรอยของอนุภาคบนฟิล์มที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการสำรวจยูเรเนียมโดยใช้ถ้วยแทรกเอทซ์เทคเตอร์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อแร่สะสมอยู่ในระดับลึก

1.6.3 ปี พ.ศ. 2524 วิภา รุ่งดิลกโรจน์ [4] ได้ทำการวิจัยเรื่อง ศึกษาการนับรอยของนิวตรอนเร็วบนแผ่นฟิล์ม เป็นการศึกษาการบันทึกและกักรอยของนิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดพลูโตเนียม - เบอริลเลียมและเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์บนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรดชนิด LR115 และชนิด CN85 พบว่าเมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกักรอยของ LR115 และชนิด CN85 คือ 80 นาที และ 45 นาทีตามลำดับ ซึ่ง LR115 มีแบคกราวด์มากกว่า ความหนาแน่นของรอยนิวตรอนเร็วบนแผ่นฟิล์มเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของนิวตรอนเร็ว ความไวในการบันทึกรอยของนิวตรอนเร็วจากต้นกำเนิดพลูโตเนียม - เบอริลเลียมและจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ของฟิล์มเซลลูโลสไนเตรดชนิด LR115 มีค่า 3.018×10^{-6} รอยต่อนิวตรอนเร็ว และ 3.383×10^{-6} รอยต่อนิวตรอนเร็ว และชนิด CN85 มีค่ารอยต่อนิวตรอนเร็ว

3.929×10^{-6} รอยต่อนิวตรอนเร็ว 4.058×10^{-6} รอยต่อนิวตรอนเร็ว ตามลำดับ

1.6.4 ปี พ.ศ. 2546 D.Pressyanov และคณะ [8] ได้ทำการวิจัยเรื่อง The compact disk as radon detector – A laboratory study of the method ทำการทดลองโดยนำแผ่นซีดีที่เตรียมไว้ไปวางในถังปิดสนิทภายในมีบรรจุก Pylon source ซึ่งเป็นต้นกำเนิดที่ปล่อยก๊าซเรดอน เพื่อใช้วัดรอยอนุภาคแอลฟาที่มาจากก๊าซเรดอนและลูกหลาน ทำการอ่านค่ารอยที่เกิดขึ้น ในการวิจัยได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ ความดัน และความชื้นที่มีผลต่อการวัดก๊าซเรดอน ในการทดลองวัดรอยอนุภาคแอลฟาที่ระยะ 87 และ 117 ไมโครเมตรหลังจากผ่านการกัตรอย ผลปรากฏว่า ความดัน ความชื้น ส่งผลต่อการวัดแตกต่างกันไม่เกิน 10% มีเพียงอุณหภูมิเท่านั้นที่ส่งผลต่อการวัดก๊าซเรดอน โดยใช้แผ่นซีดี ในช่วง 15 – 25 องศาเซลเซียส มีค่าความแตกต่างกัน 12 % เมื่อใช้ค่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเกณฑ์ ซึ่งกราฟของความหนาแน่นรอยกับอุณหภูมิมีลักษณะเป็นเอกโปเนนเชียล และได้ทำการทดลองเพื่อหาค่า posteriori calibration เพื่อการคำนวณที่แม่นยำมากขึ้น

1.6.4 ปี พ.ศ. 2546 D.S. Pressyanov [5] ได้ทำการวิจัยเรื่อง The compact disc as a retrospective radon detector : performance of the methodology โดยนำแผ่นซีดีที่เตรียมไว้(กรรมวิธีผลิตที่ต่างกัน)ไปวางไว้ในถังที่ควบคุมความเข้มข้นก๊าซเรดอน ด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน โดยศึกษาขนาดของถังบรรจุเรดอน ความดัน อุณหภูมิและความชื้น จากนั้นนำแผ่นซีดีที่ได้ไปกัตรอย และอ่านค่ารอยที่เกิดขึ้นโดย CPE และ ECE ตามลำดับ ทำการอ่านค่ารอยระดับความลึกจากชั้นผิว 80 – 300 ไมโครเมตร พบว่า ขนาดของถังบรรจุและความดันบรรยากาศไม่มีผลต่อการวัดเรดอน ผลของความชื้นแตกต่างกันประมาณ 10% ซึ่งเป็นผลน้อยมาก แต่ผลของอุณหภูมียังมีผลต่อการวัดเรดอนค่าแตกต่างกัน 30% แต่อย่างไรก็ตามหากทราบอุณหภูมิที่แน่นอนค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดเรดอนด้วยแผ่นซีดีจะคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10% จึงแสดงให้เห็นว่าซีดีสามารถใช้เป็นเครื่องวัดเรดอนได้

1.6.5 ปี พ.ศ. 2554 เสาวนีย์ อัครชาติบุญ และ นเรศร์ จันทน์ขาว [6] ได้ทำการวิจัยเรื่องการเกิดรอยทางอนุภาคโปรตอนในพลาสติกโพลีคาร์บอเนตโดยการฉายนิวตรอนจากต้นกำเนิดนิวตรอน $^{241}\text{Am-Be}$ เป็นการศึกษาคุณสมบัติของการเกิดรอยทางอนุภาคโปรตอนในโพลีคาร์บอเนตที่ถูกฉายนิวตรอนจากต้นกำเนิดนิวตรอน $^{241}\text{Am-Be}$ โพลีคาร์บอเนตที่ได้รับการฉายนิวตรอนถูก

นำมาถักรอยด้วยสารละลาย PEW ซึ่งประกอบด้วยสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 น้ำร้อยละ 45 และเอทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 40 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง รอยทางอนุภาคโปรตอนที่เกิดขึ้นสามารถมองเห็นได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายประมาณ 100 เท่า และใช้โปรแกรม imageJ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการตกแต่งและวิเคราะห์ภาพ ในการวิเคราะห์ลักษณะของรอยทางที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของรอยทางอนุภาคโปรตอนมีค่า 2.74×10^5 รอยต่อพื้นที่หนึ่งตารางเซนติเมตร เมื่อความเข้มของนิวตรอนมีค่าประมาณ 1.58×10^4 นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที และใช้เวลาฉายนิวตรอน 2 สัปดาห์ รอยทางอนุภาคโปรตอนมีพื้นที่น้อยสุดและมากที่สุดเท่ากับ 3.443 และ 340.698 ตารางไมโครเมตร ในขณะที่มีค่าเส้นผ่าศูนย์กลางแคบสุดและกว้างสุดเท่ากับ 4.137 และ 20.828 ไมโครเมตร ตามลำดับ



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดรังสี ก๊าซเรดอน อันตรกิริยาของอนุภาคแอลฟา การเกิดรอยอนุภาคที่มีประจุในตัวกลางและการกักขयरอยอนุภาคบนแผ่นซีดี

2.1 แหล่งกำเนิดของรังสี

มนุษย์ได้รับกัมมันตภาพรังสีจากแหล่งกำเนิดที่สำคัญ 2 แหล่ง [9] คือ

2.1.1 แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติ (natural radiation source)

เป็นแหล่งกำเนิดรังสีที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวเรา ซึ่งมนุษย์หลีกเลี่ยงหรือควบคุมไม่ได้ แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติมาจากธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นพร้อมกับกำเนิดของโลก ธาตุกัมมันตรังสีมีมากกว่า 60 ชนิดที่พบในธรรมชาติ โดยปรากฏในทุก ๆ แห่ง เช่น ในอากาศ น้ำ ดิน ทะเล หรือในร่างกายมนุษย์และสัตว์ นั้นหมายความว่า มนุษย์ต้องหายใจเข้า-ออก ต้ม กิน ธาตุกัมมันตรังสีเข้าไปในร่างกายตลอดเวลา จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ธาตุกัมมันตรังสีเริ่มต้น (Primordial radionuclide) เป็นแหล่งกัมมันตภาพรังสีที่เกิดขึ้นพร้อมกับกำเนิดของโลก โดยเป็นองค์ประกอบของหิน ดิน แร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งประกอบกันเป็นเปลือกโลก ส่วนใหญ่เป็นมีมวลมาก มีค่าครึ่งชีวิต (half-life) ยาว ตัวอย่างธาตุกัมมันตรังสีประเภทนี้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 และธาตุกัมมันตรังสีจากรังสีคอสมิก (Cosmogenic radionuclide) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากรังสีคอสมิกที่มาจากนอกโลก (extra-terrestrial origin) เข้าทำปฏิกิริยากับธาตุกัมมันตรังสีต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศโลก โดยทั่วไปมีค่าครึ่งชีวิตยาวแต่มักจะสั้นกว่าพวกธาตุกัมมันตรังสีเริ่มต้น (primordial radionuclide) นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าแหล่งกำเนิดรังสีคอสมิกมาจากดวงอาทิตย์และดวงดาวในกาแล็กซี่ ตัวอย่างธาตุกัมมันตรังสีประเภทนี้แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างธาตุกัมมันตรังสีเริ่มต้นที่พบในธรรมชาติ [10]

| ไอโซโทปรังสี | สัญลักษณ์ | ค่าครึ่งชีวิต | ปริมาณในธรรมชาติ |
|--------------|-------------------|--------------------------|--|
| Uranium 235 | ^{235}U | 7.04×10^8 ปี | 0.72%ของธาตุยูเรเนียมทั้งหมดในธรรมชาติ |
| Uranium 238 | ^{238}U | 4.47×10^9 ปี | 99.2745%ของธาตุยูเรเนียมทั้งหมดในธรรมชาติ ในหินทั่วไปมียูเรเนียมเฉลี่ย 0.5-4.7 ppm |
| Thorium 232 | ^{232}Th | 1.41×10^{10} ปี | 1.6 - 20 ppmในหินทั่วไปและเฉลี่ย 10.7ppmในเปลือกโลก |
| Radium 226 | ^{226}Ra | 1.60×10^3 ปี | 0.42 pCi/g ในหินปูนและ 1.3 pCi/g ในหินอัคนี |
| Radon 222 | ^{222}Rn | 3.82 วัน | ก๊าซเฉื่อย 0.016 pCi/L - 0.75 pCi/L เฉลี่ยทั้งปีจากอากาศในสหรัฐอเมริกา |
| Potassium 40 | ^{40}K | 1.28×10^9 ปี | 1-30 pCi/g (37-1100 Bq/kg) ในดิน |

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นจากรังสีคอสมิก [10]

| ไอโซโทปรังสี | สัญลักษณ์ | ครึ่งชีวิต | แหล่งที่มา | กัมมันตภาพจำเพาะในธรรมชาติ(Bq/kg) |
|--------------|-----------------|------------|---|-----------------------------------|
| Carbon-14 | ^{14}C | 5730 ปี | Cosmic-ray interactions with $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$; | 0.22 |
| Tritium- 3 | ^3H | 12.3 ปี | Cosmic-ray interactions with N and O; spallation from cosmic-rays, $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$ | 1.2×10^{-3} |

2.1.2 แหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น

นอกจากได้รับรังสีจากรังสีในธรรมชาติแล้ว มนุษย์ยังได้รับรังสีจากแหล่งที่มนุษย์สร้างขึ้นดังนี้

2.1.2.1 การประยุกต์ใช้รังสีทางการแพทย์ โดยมีวัตถุประสงค์ของการใช้ที่สำคัญ 2 ประการคือเพื่อการตรวจวินิจฉัยโรค เช่น การใช้รังสีเอกซ์ถ่ายภาพอวัยวะต่าง ๆ และเพื่อการบำบัดรักษาโรค โดยโรคส่วนมากที่จำเป็นต้องใช้รังสีเพื่อการรักษาคือ โรคมะเร็ง รังสีที่ใช้อาจเป็นรังสีแกมมา บีตาหรือนิวตรอน ซึ่งมาจากแหล่งรังสีภายนอกร่างกาย การใช้รังสีเพื่อการรักษาโรคนี้นี้ มักจะต้องการรังสีในปริมาณสูง แหล่งรังสีแกมมาที่นิยมใช้ เช่น ^{137}Cs และ ^{60}Co

2.1.2.2 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เมื่อมีการนำเอาพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ทดแทนพลังงานฟอสซิล วัสดุที่เหลือจากการใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์คือ กากกัมมันตรังสีซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของแข็งของเหลว และแก๊ส บางส่วนอาจถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่าย แม้จะมีการควบคุมป้องกันอย่างดีแล้วก็ตาม เช่นแก๊ส และของเหลวกัมมันตรังสี ส่วนกากที่เป็นของแข็งนั้นจะเก็บไว้ในที่ปลอดภัยห่างไกลชุมชน เช่น ในเหมืองถ่านหิน เหมืองเกลือ ในชั้นดินเหนียว เกาะกลางทะเลที่ห่างไกล เป็นต้น เมื่อใช้พลังงานเชื้อเพลิงนิวเคลียร์มากขึ้น ปริมาณกากกัมมันตรังสียิ่งเพิ่มมากขึ้น มนุษย์จะได้รับรังสีจากสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเช่นกัน การจัดการกากกัมมันตรังสีจึงเป็นปัญหาที่ต้องควบคุมอย่างเข้มงวด ตัวอย่างนิวไคลด์จากกากกัมมันตรังสี เช่น ^{131}I , ^{144}Ce , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{85}Kr เป็นต้น

2.1.2.3 การทดลองอาวุธนิวเคลียร์ แม้ว่าปัจจุบันจะมีข้อตกลงเกี่ยวกับการไม่ใช้อาวุธนิวเคลียร์ แต่ก็ยังมีการทดลองระเบิดนิวเคลียร์โดยประเทศที่ยังต้องการพัฒนาความรู้ในด้านนี้ การทดลองอาวุธนิวเคลียร์แต่ละครั้งส่งผลให้มีฝุ่นกัมมันตรังสี (fallout) กระจายไปในอากาศ และจะปนเปื้อนอยู่ในดิน น้ำ พืช ซึ่งจะผ่านไปสู่มนุษย์ในที่สุด ธาตุกัมมันตรังสีสำคัญที่ได้จากระเบิดนิวเคลียร์ เช่น ^{90}Sr (ค่าครึ่งชีวิต 29.1 ปี) ^{137}Cs (ค่าครึ่งชีวิต 30.17 ปี) และเมื่อมนุษย์ได้รับเข้าสู่ร่างกาย ^{90}Sr จะสะสมในกระดูก ส่วน ^{137}Cs กระจายทั่วร่างกาย

2.1.2.4 การใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ในลักษณะที่เป็นอุปกรณ์ เครื่องมือและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ที่มีธาตุกัมมันตรังสีเป็นองค์ประกอบ เช่น นาฬิกาพาราไรนั กระเบื้องเซรามิก อิฐคอนกรีต อุปกรณ์ตรวจควัน เป็นต้น

นอกจากนี้ยังอาจได้รับรังสีจากจอโทรทัศน์หรือจอคอมพิวเตอร์ชนิดหลอด รังสีเอกซ์ที่ใช้เพื่อรักษาความปลอดภัยตามสนามบิน สถานที่สำคัญ หรือด่านศุลกากร และอื่น ๆ ได้อีกด้วย

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างธาตุกัมมันตรังสีที่มนุษย์ผลิตขึ้น [10]

| ไอโซโทปรังสี | สัญลักษณ์ | ครึ่งชีวิต | แหล่งกำเนิดที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม |
|----------------|--------------------------|-----------------------|--|
| Tritium | ^3H | 12.3 ปี | จากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ ปฏิกรณ์นิวเคลียร์ |
| Iodine-131 | ^{131}I | 8.04 วัน | จากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ ปฏิกรณ์นิวเคลียร์ และการใช้ทางการแพทย์ |
| Iodine-129 | ^{129}I | 1.57×10^7 ปี | จากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ ปฏิกรณ์นิวเคลียร์ |
| Cesium-137 | ^{137}Cs | 30.17 ปี | จากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ ปฏิกรณ์นิวเคลียร์ |
| Strontium-90 | ^{90}Sr | 28.78 ปี | จากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ ปฏิกรณ์นิวเคลียร์ |
| Technetium-99m | $^{99\text{m}}\text{Tc}$ | 6.03 ชั่วโมง | ผลผลิตจากการสลายตัวของ ^{99}Mo ใช้ทางการแพทย์ |
| Technetium- 99 | ^{99}Tc | 2.11×10^5 ปี | ผลผลิตจากการสลายตัวของ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ |
| Plutonium- 239 | ^{239}Pu | 2.41×10^4 ปี | จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ของ $^{238}\text{U} + n \rightarrow ^{239}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{Np} \rightarrow ^{239}\text{Pu}$ |

2.1.3 ปริมาณรังสีในธรรมชาติ

รังสีแบคกราวด์ (background radiation) หมายถึงกัมมันตภาพรังสีที่มนุษย์ได้รับจากแหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ มีค่าแตกต่างกันไปตามสถานที่ ขึ้นอยู่กับปริมาณ

ของธาตุกัมมันตรังสีที่เป็นองค์ประกอบในสิ่งแวดล้อม มีแหล่งกำเนิดมาจากธาตุกัมมันตรังสีเริ่มต้น และธาตุกัมมันตรังสีจากรังสีคอสมิก หินที่มีความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีสูงได้แก่ หินแกรนิตซึ่งเป็นหินอัคนี (igneous rocks) ชนิดหนึ่งที่เกิดจากการเย็นตัวของส่วนหลอมเหลวภายในเปลือกโลก จึงมีธาตุกัมมันตรังสี เช่น ยูเรเนียมและทอเรียมอยู่ในปริมาณสูง ส่วนหินปูน (lime stone) หินทราย (sandstone) นั้น เป็นหินตะกอน (sedimentary rocks) ที่เกิดจากการบวนการสลายตัวผุพังทับถมของหิน แร่ และสิ่งอื่น ๆ บนผิวโลก ต่อเนื่องด้วยการถูกเคลื่อนย้าย เพิ่มพูนอัดตัวทับถมด้วยอิทธิพลต่าง ๆ เช่น ลม น้ำ แรงโน้มถ่วง ซึ่งต้องใช้เวลาช้านาน หินประเภทนี้จึงมีปริมาณรังสีน้อย และเมื่อหินเหล่านี้สลายตัวเป็นดินจึงมีปริมาณรังสีที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.4 ปริมาณกัมมันตรังสีในดิน

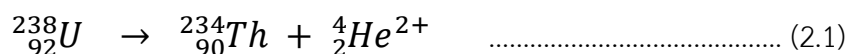
| ไอโซโทปรังสี | ความเข้มข้นในดิน (ไมโครกรัม/กรัม) | | ความแรงแรังสี จำเพาะเฉลี่ย |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| | ค่าปกติ | ค่าเฉลี่ยทั่วโลก | (พิโคคูรีต่อกรัม) |
| Uranium | 1.00 - 4.00 | 1.50 | 10.00 |
| Thorium | 2.00 - 12.00 | 8.00×10^{-7} | 0.80 |
| Potassium 40 | 0.50 - 3.00 | 6.00 | 0.65 |
| Radium | $(0.50 - 2.00) \times 10^{-6}$ | 2.00 | 0.67 |

ตารางที่ 2.5 ปริมาณกัมมันตรังสีในหิน

| ชนิดของหิน | ร้อยละของโพแทสเซียม | ปริมาณไอโซโทปรังสี (ไมโครกรัม/กรัม) | |
|------------|---------------------|-------------------------------------|---------|
| | | ยูเรเนียม | ทอเรียม |
| หินแกรนิต | 3.30 | 4.70 | 20.00 |
| หินปูน | - | 2.10 | 1.90 |
| หินทราย | 1.20 | 1.50 | 3.00 |
| หินเชล | 2.30 | 3.50 | 11.00 |
| ค่าเฉลี่ย | 2.30 | 3.00 | 11.40 |

2.2 อันตรกิริยา (interaction) ของอนุภาคแอลฟากับสสาร

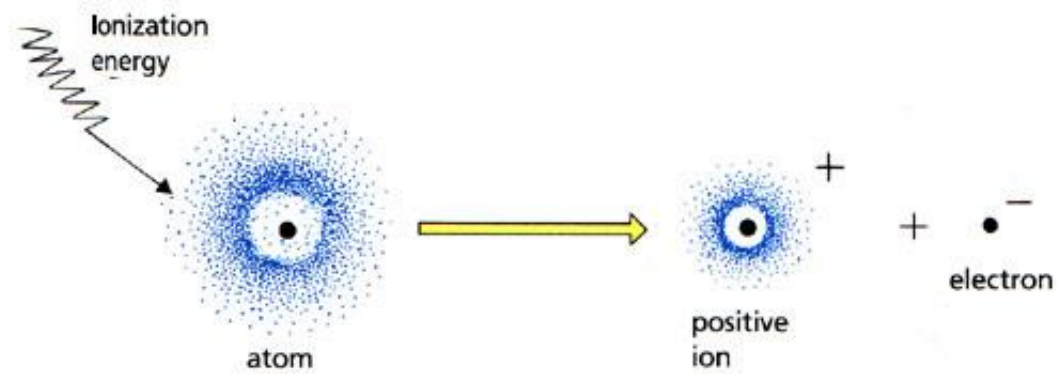
อนุภาคแอลฟา [1] คือ อนุภาคที่ประกอบด้วย อนุภาคโปรตอน 2 อนุภาค และอนุภาคนิวตรอน 2 อนุภาค ซึ่งเหมือนกับนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม มีสัญลักษณ์คือ α หรือ He^{2+} มีมวล 6.6446×10^{-27} กิโลกรัม ซึ่งเทียบเท่ากับพลังงาน 3.727 จิกะอิเล็กตรอนโวลต์ มีประจุเป็น $+2e$ โดยที่ e คือประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน มีค่าเท่ากับ 1.602176×10^{-19} คูลอมป์ ส่วนใหญ่เกิดจากการสลายให้อนุภาคแอลฟาของธาตุกัมมันตรังสี ดังสมการ



2.2.1 การถ่ายเทพลังงานของอนุภาคแอลฟา

อนุภาคแอลฟาเมื่อเคลื่อนที่เข้าสู่ตัวกลางใดจะเกิดการสูญเสียพลังงานเกือบทั้งหมดในการชนกับอิเล็กตรอนของตัวกลาง ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionization) และถ่ายเทพลังงานให้ตัวกลางเปลี่ยนจากสถานะพื้นเป็นสถานะกระตุ้น (excitation) แต่ถ้าหากมีพลังงานสูงอาจเกิดการชนกับนิวเคลียสของอะตอมของตัวกลางได้ การแตกตัวเป็นไอออน [11] เกิดขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนในวงโคจร

ชั้นนอกของอะตอมได้รับพลังงานมากพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากชั้นวงโคจรกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ อะตอมที่สูญเสียอิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออนบวก เรียก คู่อิออน ดังรูปที่ 2.1



รูปภาพ 2.1 แผนภาพการแตกตัวเป็นไอออนของอะตอมเมื่อได้รับการถ่ายโอนพลังงานจากอนุภาคนิวเคลียร์ [12]

หลังจากนั้นในเวลาอันสั้นไอออนบวกจะจับอิเล็กตรอนกลายเป็นอะตอมปกติตามเดิม โอกาสในการสูญเสียพลังงานชนิดนี้ สามารถคำนวณหาพลังงานสูงสุดที่อิเล็กตรอนได้รับเพิ่มจากการชนแต่ละครั้งในอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นได้จาก

$$E_{max} = \frac{4m_0ME}{(m_0 + M)^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

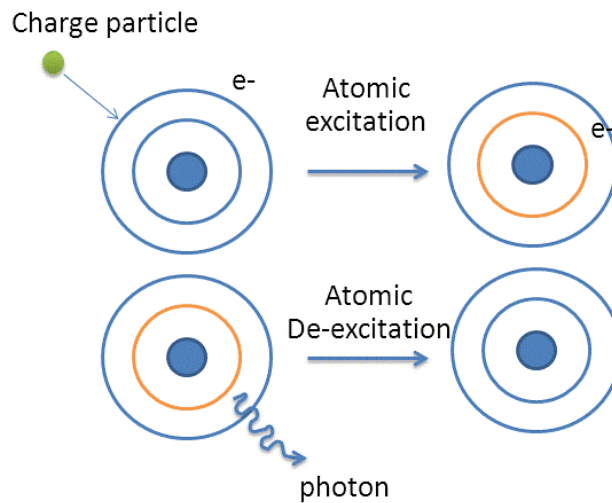
เมื่อ m_0 แทน มวลของอิเล็กตรอน

M แทน มวลของอนุภาค

E แทน พลังงานของอนุภาค

E_{max} แทน พลังงานสูงสุดของอิเล็กตรอน

สภาวะกระตุ้น [11] เป็นอันตรกิริยาที่อนุภาคกระทำกับสนามคูลอมบ์ของอะตอมในตัวเอง เมื่ออนุภาคถ่ายโอนพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในตัวเองแต่พลังงานไม่มากพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรเป็นผลให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจากชั้น E_1 ไปยัง E_2 แต่ยังมีติดเกาะในชั้นวงโคจรของอะตอม ทำให้อะตอมได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นจึงเปลี่ยนจากสภาวะพื้น (ground state) เป็นสภาวะกระตุ้น เกิดขึ้นในช่วงเวลาอันสั้น จากนั้นอิเล็กตรอนจะลดระดับพลังงานลงมาสู่สภาวะพื้น และปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอน



รูปภาพ 2.2 แผนภาพแสดงการเกิดสถานะกระตุ้นของอะตอมเมื่อได้รับพลังงานจากอนุภาคนิวเคลียร์

หลังจากอนุภาคที่มีประจุสูญเสียพลังงานทั้งหมดไปในตัวกลางแล้ว เพื่อรักษาสภาวะสมดุล

ไอออนบวกที่เกิดขึ้นจะจับอนุภาคอิสระในโครงสร้างของอะตอมตัวกลาง เช่น



ในกรณีที่แอลฟาทำอันตรกิริยากับนิวเคลียสของอะตอมตัวกลางจะเกิดการชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision) เป็นผลให้พลังงานรวมของระบบไม่เปลี่ยนแปลง มีผลให้อนุภาคแอลฟาเบี่ยงเบนจากทิศการเคลื่อนที่เดิม

2.2.2 พิสัย (Range) และพลังงานของอนุภาคแอลฟา

พิสัยของอนุภาคแอลฟา หมายถึงระยะทางที่อนุภาคแอลฟาเคลื่อนที่ได้ไกลสุดในตัวกลาง เนื่องจากอนุภาคแอลฟามีมวลมากเมื่อเทียบกับมวลของอิเล็กตรอน ดังนั้นเมื่อเกิดการชนกับอิเล็กตรอน ทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟาจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรืออาจกล่าวได้ว่าเมื่ออนุภาคแอลฟาเคลื่อนที่ในตัวกลางแนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟามีลักษณะเป็นเส้นตรงหรืออาจ

มีรอยหักตรงบริเวณตรงปลายของการเคลื่อนที่ (Straggling) โดยระยะทางที่เคลื่อนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับพิสัยของการเคลื่อนที่นั่นเอง

พิสัยของอนุภาคแอลฟามีค่าแปรผันตรงกับพลังงานของอนุภาคแอลฟา กล่าวคืออนุภาคที่มีค่าพลังงานสูงจะเคลื่อนที่ได้พิสัยไกลกว่าอนุภาคที่มีพลังงานต่ำกว่า และหากอนุภาคแอลฟามีพลังงานเท่ากัน เมื่อเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางที่มีเลขอะตอมสูงกว่าจะเคลื่อนที่ได้พิสัยสั้นกว่านั่นเอง ความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยของอนุภาคแอลฟาในตัวกลางใดๆกับอากาศแห้งที่อุณหภูมิตั้ง 15 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ เป็นไปตามกฎของ Bragg – Kleeman ดังนี้ [13]

$$R = 3.20 \times 10^{-4} \frac{\sqrt{A}}{\rho} R_a \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

เมื่อ R แทนพิสัยของอนุภาคแอลฟาในตัวกลางใดๆ

ρ แทนความหนาแน่นของตัวกลาง

A แทนเลขมวลของตัวกลาง

R_a แทนพิสัยของอนุภาคแอลฟาในอากาศแห้ง อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งสามารถอ่านได้จากกราฟ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในกรณีที่ตัวกลางเป็นสารประกอบหรือของผสมจะต้องคำนวณน้ำหนักมวลของตัวกลางที่มีประสิทธิผล ($\sqrt{A_{eff}}$) ต่ออันตรกิริยาใหม่ดังนี้

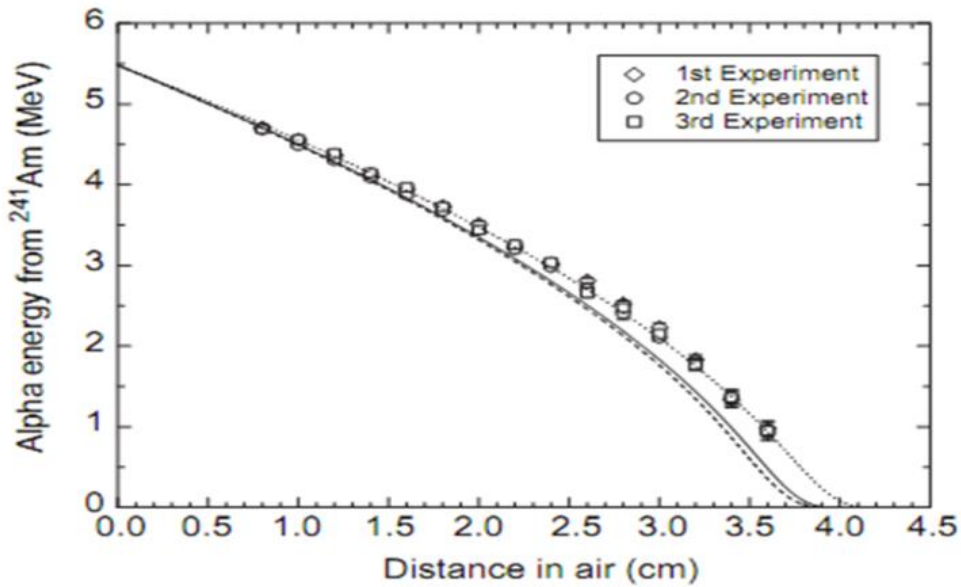
$$\sqrt{A_{eff}} = \frac{n_1 A_1 + n_2 A_2 + \dots}{n_1 \sqrt{A_1} + n_2 \sqrt{A_2} + \dots} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

เมื่อ n แทนสัดส่วนน้ำหนักมวลของธาตุองค์ประกอบในสารประกอบหรือของผสม

หรือ

$$R_{air} (mm) = e^{(1.61\sqrt{E_k(MeV)})} \quad (1 < E_k \leq 4 \text{ Mev}) \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$R_{air} (mm) = (0.05 E_k + 2.85) E_k^{3/2} \quad (4 \leq E_k \leq 15 \text{ Mev}) \dots(2.10)$$



รูปภาพ 2.3 พิสัยของอนุภาคแอลฟา พลังงาน 5.49 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ในอากาศ [14]

อัตราการสูญเสียพลังงานของอนุภาคมีประจุหนัก (Heavy charged particle) หมายถึงการสูญเสียพลังงานของอนุภาคต่อระยะทาง สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 N Z}{m_0 v^2} \left[\ln \frac{2m_0 v^2}{I} - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right] \dots\dots\dots(2.11)$$

เมื่อ $\frac{dE}{dx}$ คืออัตราการสูญเสียพลังงาน

e คือประจุของอิเล็กตรอน

Z คือขนาดประจุของอนุภาค

m_0 คือ rest mass ของอิเล็กตรอน

N คือความหนาแน่นอะตอมของตัวกลาง

Z คือเลขอะตอมของตัวกลาง

v คือความเร็วของอนุภาค

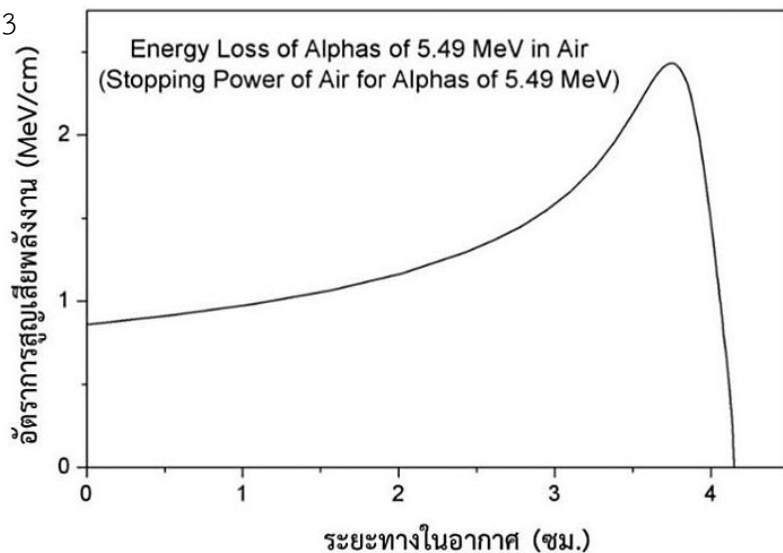
c คือความเร็วแสงในสุญญากาศ

$$\beta = \frac{v}{c}$$

I คือศักย์การกระตุ้น (Mean excitation potential) คำนวณได้จากสูตร

$$I (eV) = (9.76 + 58.8 Z^{-1.19})Z \dots\dots\dots(2.12)$$

อัตราการสูญเสียพลังงานต่อหน่วยระยะทางจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออนุภาคที่มีประจุมีความเร็วลดลง เป็นผลให้ความหนาแน่นของการแตกตัวเป็นไอออนในช่วงท้ายของการเคลื่อนที่มีค่าสูง เมื่อความเร็วลดลงจนเกือบหยุดจะรวมตัวกับอิเล็กตรอนในตัวกลางทำให้อะตอมเป็นกลางทางไฟฟ้า ค่าประจูด่อนุภาคลดลง ค่าอัตราการสูญเสียพลังงานต่อระยะทางจึงลดลงไปด้วย สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปภาพ 2.4 อัตราการสูญเสียพลังงานของอนุภาคแอลฟาในอากาศตามระยะทางที่วิ่งผ่าน (สำหรับอนุภาคแอลฟาพลังงาน 5 MeV จากอะเมริเซียม-241) [15]

เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางที่เป็นของผสม กำลังหยุดยั้งสำหรับตัวกลางที่เป็นของผสมหรือสารประกอบคำนวณได้จากสมการ

$$\frac{1}{\rho} \left(\frac{dE}{dk} \right)_{comp} = \sum_i w_i \frac{1}{\rho_i} \left(\frac{dE}{dk} \right)_i \dots\dots\dots(2.13)$$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่นของสารประกอบหรือของผสม

ρ_i คือความหนาแน่นของธาตุที่ i

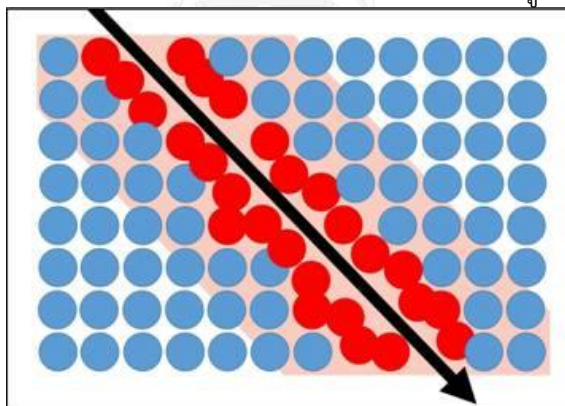
$\frac{1}{\rho_i} \left(\frac{dE}{dk} \right)_i$ คือกำลังหยุดยั้งในหน่วย MeV/kg/mg² สำหรับธาตุที่ i

2.3 ทฤษฎี แทรก - เอทซ์ (Track etched)

เมื่ออนุภาคมีประจุเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางที่เป็นฉนวน เช่น แก้ว ไม้กาหรือพลาสติก จะทำให้เกิดรอยขนาดเล็กมากในตัวกลางตามแนวทางการที่อนุภาคนั้นเคลื่อนที่ผ่าน สามารถสังเกตได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน มีนักวิทยาศาสตร์อธิบายกลไกการเกิดรอยไว้ ดังนี้

2.3.1 ทฤษฎีเทอร์มัลสไปค์ (Thermal spike)

ทฤษฎีเทอร์มัลสไปค์ [16] กล่าวว่าไว้ว่า เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่เข้าสู่ตัวกลาง จะทำให้เกิดความร้อนในตัวกลาง หากตัวกลางสามารถนำความร้อนได้ ความร้อนจะกระจายสู่บริเวณข้างเคียง แต่หากตัวกลางเป็นฉนวนซึ่งนำความร้อนได้น้อย ความร้อนนั้นจะส่งผลให้เกิดความเครียดขึ้นจนเกิดการขยายตัวมากกว่าพื้นที่โดยรอบ เกิดรอยเสียหายขึ้นมาแทน ดังแสดงในรูปที่ 2.5

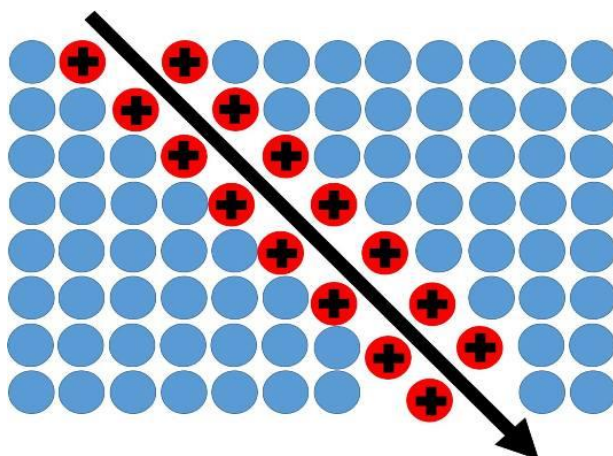


รูปภาพ 2.5 แสดงการเกิดรอยในตัวกลางที่เป็นฉนวนตามทฤษฎีเทอร์มัลสไปค์

2.3.2 ทฤษฎีไอออนเอกซ์พลอสชันสไปค์ (Ion explosion spike)

มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านพยายามอธิบายกลไกการเกิดรอยในตัวกลาง แต่ทฤษฎีที่สอดคล้องกับผลการทดลองและเป็นที่ยอมรับมากที่สุดคือ ทฤษฎี “Ion explosion spike” ซึ่งกล่าวว่า เมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางที่เป็นฉนวน เช่น แก้ว ไม้กา และพลาสติก อนุภาคนั้นถ่ายโอนพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในชั้นวงโคจร ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจร เกิด

ประจุบวกขึ้นรอบๆ แนวทางที่อนุภาคนั้นเคลื่อนที่ผ่าน เมื่อประจุบวกเหล่านี้อยู่ใกล้กัน จะเกิดแรงผลักกันขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ไปเบียดอะตอมถัดไปเกิดความเครียดขึ้น ความเครียดนี้จะแผ่กระจายไปยังอะตอมถัดไปทุกทิศทางในตัวกลาง เพื่อให้อะตอมสมดุลจึงต้องจัดเรียงอะตอมใหม่ เกิดเป็นช่องว่างขึ้นที่บริเวณนั้น แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปภาพ 2.6 แสดงภาพการเกิดรอยในตัวกลางตามทฤษฎีไอออนเอกซิโพลชันสไปค์

จากการศึกษาของ Fleischer และคณะ พบว่า เซลลูโลสไนเตรท (Cellulose Nitrate) เซลลูโลสแอซีเตต (Cellulose Acetate) และแลกแซน (Lexan) ที่ไวต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะไวต่ออนุภาคโปรตอนที่มีค่าพลังงานสูงถึง 100 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV) นิวตรอนที่มีค่าพลังงานอยู่ในช่วง 20 ถึง 100 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ สามารถทำให้เกิดรอยทางโปรตอนในแผ่นพลาสติกได้ โดยผ่านอันตรกิริยาการชนแบบยืดหยุ่น (Elastic Collision) กับโปรตอนที่เป็นโครงสร้างของแผ่นพลาสติก รอยทางโปรตอนเหล่านี้สามารถขยายให้ใหญ่ขึ้น โดยวิธีการกัดรอย (etch) ในสารละลายที่เหมาะสม ทำให้สามารถเห็นรอยทางโปรตอนที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์ แสดงดังรูป 2.7



พลังงานที่อนุภาคถ่ายเทให้ตัวกลางตามทางที่วิ่งผ่าน

รูปภาพ 2.7 แสดงภาพการเกิดรอยอนุภาคในตัวกลางโพลิเมอร์

2.4 การกัดรอย (Etching)

โดยทั่วไปรอยที่เกิดจากอนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นฉนวนจะมีขนาดเล็กมาก ในการหาความหนาแน่นของรอยที่เกิดขึ้นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เพื่อให้สามารถศึกษารอยที่เกิดขึ้นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาจึงจำเป็นต้องกัดรอยในสารละลายเคมีที่เหมาะสมเพื่อขยายขนาดของรอยให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งลักษณะของรอยที่ปรากฏขึ้นจะขึ้นอยู่กับมุมที่อนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางนั้นๆ ขนาดของรอยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการกัดรอย

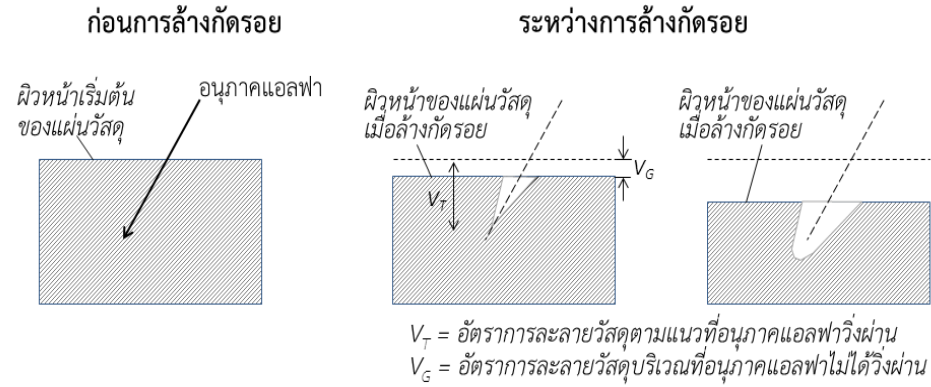
อุณหภูมิที่ใช้ในการกัดรอย

เวลาที่ใช้ในการกัดรอย

2.4.1 ทฤษฎีการกัดรอย

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้สารละลายที่เหมาะสมกับตัวกลางแต่ละตัวกลางรวมถึง อุณหภูมิ และ เวลาที่ใช้ในการกัดรอย ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานแต่ละประเภท เมื่อกัดรอยด้วยสารละลายที่เหมาะสมแล้ว อ่านค่ารอยที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาและนับรอยที่เกิดขึ้นโดยใช้โปรแกรมในการนับรอยที่มีประสิทธิภาพ ในการกัดขยายรอยโดยใช้สารเคมี เนื้อของตัวกลางจะถูกสารเคมีกัดขยายพร้อมกันสองตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะมีอัตราการกัดขยายรอยต่างกัน อัตราการหลุดไปทั้ง 2 แบบ คือ อัตราการขยายรอยทั่วไป (General etching rate, V_G) คืออัตราการละลายวัสดุบริเวณที่อนุภาคแอลฟาไม่ได้เคลื่อนที่ผ่านและอัตราการขยายรอยอนุภาค (Track etching

rate, V_T) คืออัตราการละลายวัสดุตามแนวที่อนุภาคเคลื่อนที่ผ่าน พิจารณาผิวหน้าของแผ่นบันทึก
 รอยดังรูป 2.8



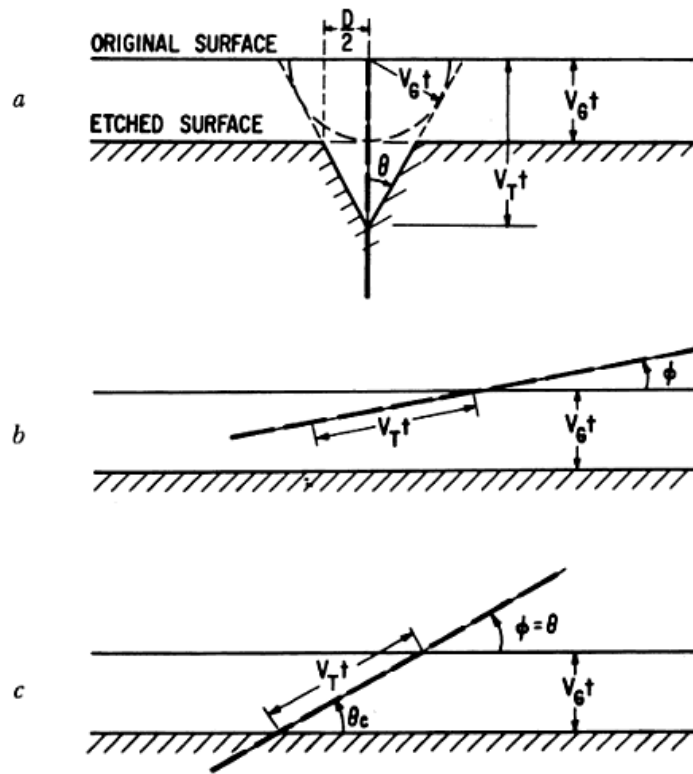
รูปภาพ 2.8 แผนภาพแสดงการเกิดรอยบนพื้นผิวตัวกลางระหว่างการล้างกัตรอย

การกัตรอยจะปรากฏทุกๆตำแหน่งโดยมีอัตราการกัตรอยด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ลักษณะการ
 กัตรอยจะมีลักษณะเป็นวงกลม เมื่อเวลาผ่านไป t การกัตรอยในแต่ละตำแหน่งจะถูกกัดเป็นรัศมี $V_G t$
 ทำให้ผิวหน้าถูกกัดรอยเป็นระยะทาง H มีค่าดังสมการ

$$H = V_G t \dots\dots\dots(2.14)$$

สำหรับการกัดขยายรอยอนุภาค อัตราการกัดขยายรอย มีค่าขึ้นอยู่กับพลังงานของอนุภาคที่
 สูญเสียให้แก่โมเลกุลของตัวกลาง ในการพิจารณาจะให้มีความคงที่ ดังนั้นเมื่อเวลาที่ถูุกกัดขยายรอยเป็น
 t ความยาวของรอยที่ถูกกัดขยายลงไป (L) มีค่าเป็น

$$L = V_T t \dots\dots\dots(2.15)$$



รูปภาพ 2.9 รอยอนุภาคในตัวกลางเมื่อผ่านการล้างกัดรอย [17]

- a. รูปของรอยจะปรากฏเมื่อ $V_T > V_G$
- b. รูปของรอยจะหายไปเมื่อ $V_T \sin \theta < V_G$
- c. รูปของรอยเริ่มหายไปเมื่อ $V_T \sin \theta = V_G$

สิ่งที่พิจารณาอีกอย่างหนึ่งในการเกิดรอยที่ได้จากการกัดขยายรอย คือ มุมของการชนระหว่างอนุภาคกับแผ่นบันทึกรอย ในการกัดขยายรอยด้วยกระบวนการทางเคมี รอยที่ยังปรากฏอยู่ได้ก็ต่อเมื่อมุมที่อนุภาคตกกระทบ θ กับแผ่นบันทึกรอย ต้องมากกว่ามุมวิกฤติ θ_c และการกัดรอยในแนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคมากกว่าอัตราการกัดขยายผิวดังภาพประกอบที่ จะได้ว่า

$$\sin \theta = \frac{H}{L} = \frac{V_G t}{V_T t} = \frac{V_G}{V_T} \dots\dots\dots(2.16)$$

หรือ

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{V_G}{V_T} \right) \dots\dots\dots (2.17)$$

การกัดรอยต้องมีเงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อให้รอยที่ได้จากการกัดขยายรอยเป็นรอยที่เด่นชัด และทะลุไปอีกด้านหนึ่งเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการกรองได้ เช่น สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงหรือ อุณหภูมิที่สูง อัตราการกัดขยายรอยจะเกิดขึ้นรวดเร็วกว่า สารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า ลักษณะของการเกิดรอยหลังจากที่อนุภาคผ่านจะขึ้นอยู่กับพลังงานที่สูญเสียไปของอนุภาค โดยพลังงานจะแผ่กระจายไปในแนวตั้งฉากกับแนวทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค หลังจากกัดขยายรอยแล้วพบว่ารอยจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

2.4.2 ผลของการกัดขยายรอยโดยใช้เวลานาน (Prolong Etching Effect)

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการกัดขยายรอยเพื่อหาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อ การขยายรอยที่เกิดขึ้นในวัสดุ ความเข้มข้นของตัวทำละลายมีผลต่อการกัดขยายรอย ความเข้มข้นของตัวทำละลายสูงจะมีค่าการกัดขยายรอยที่สูงกว่า ความเข้มข้นของตัวทำละลายต่ำและมีการศึกษาผลของอุณหภูมิ ความเข้มข้นของตัวทำละลายเท่ากัน ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าอัตราการกัดขยายรอย ย่อมมีมากกว่าตัวทำละลายที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยการกัดขยายรอยที่มีเงื่อนไขที่แตกต่างกันจะทำให้มีมุมที่แตกต่างกันในแต่ละวัสดุ

2.4.3 สารละลาย PEW

สารละลายที่เหมาะสมที่ใช้ในการกัดรอยวัสดุตัวกลางแต่ละวัสดุจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัสดุนั้นๆ จากงานวิจัยที่ผ่านมา [6] ทำให้ทราบว่าสารละลายที่เหมาะสมในการกัดรอยพลาสติกโพลีคาร์บอเนต คือ สารละลาย PEW ซึ่งประกอบด้วย สารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) น้ำ (H₂O) และเอทิลแอลกอฮอล์ (C₂H₅OH) ในอัตราส่วน 15:45:40 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับใช้กัดรอยคือ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากงานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อออกแบบการทดลองสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังในการทำการทดลองสูงเพื่อความปลอดภัยของนักเรียน จึงได้เปลี่ยนอัตราส่วนในการเตรียมสารละลายใหม่ ที่ประกอบด้วยสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ น้ำ และเอทิลแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 20:60:40 ล้างกัดรอยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วยประหยัดพลังงานและงบประมาณในการเตรียมการทดลองได้อีกทางหนึ่ง

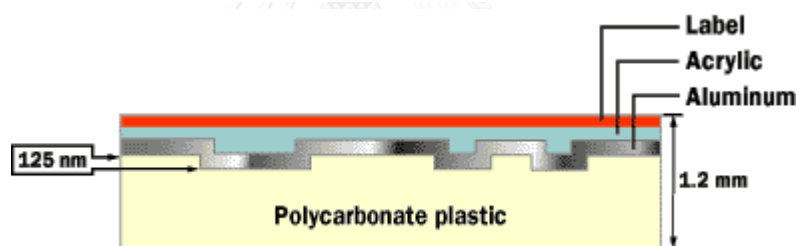
2.4.4 การนํารอย

เมื่อนำแผ่นบันทึกรอยไปล้างกัดรอยด้วยเจือจางที่ขยายรอยอนุภาคแล้วจะสามารถศึกษารอยอนุภาคที่เกิดขึ้นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา กำลังขยาย 100 เท่า จากนั้นบันทึกภาพรอยอนุภาคที่เกิดขึ้นด้วยโปรแกรม Motic Image plus 2.0 นำภาพที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคต่อพื้นที่ด้วยโปรแกรม Image J

2.5 แผ่นซีดีหรือคอมแพ็กดิสก์

แผ่นซีดี [18] คือแผ่นออปติคัลที่ใช้เก็บข้อมูลดิจิทัลต่างๆ ประกอบด้วยโครงสร้าง 4 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4 ได้แก่ ชั้นพลาสติกโพลีคาร์บอเนต (polycarbonate) เป็นโครงสร้างหลัก

ชั้นอะคริลิก (Acrylic) เป็นชั้นที่ใช้บันทึกข้อมูลบนแผ่นซีดี ชั้นโลหะอะลูมิเนียม (หรือเงินหรือทอง) เป็นชั้นโลหะที่ทำหน้าที่สะท้อนแสงเลเซอร์ในเครื่องเล่น และชั้นแล็กเกอร์ (lacquer, Label) เป็นชั้นโพลิเมอร์ที่ใช้ป้องกันชั้นเคลือบโลหะและใช้พิมพ์ข้อความหรือภาพลงบนแผ่น



รูปภาพ 2.10 แสดงโครงสร้างส่วนประกอบของแผ่นซีดี [19]

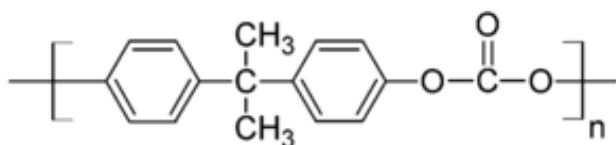
จากรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าโครงสร้างหลักของแผ่นซีดี ทำด้วยแผ่นพลาสติกโพลีคาร์บอเนต มีความหนา 1.2 มิลลิเมตร สามารถเก็บข้อมูลได้นาน 74 นาที กล่าวคือมีความจุต่อแผ่น 780 ล้านไบต์ หรือ 780 ล้านตัวอักษร บนแผ่นซีดี เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4.8 นิ้ว (12 เซนติเมตร)

จากโครงสร้างของแผ่นซีดีจะเห็นว่าโครงสร้างหลักของแผ่นซีดีประกอบด้วยโพลีคาร์บอเนต ซึ่งสามารถบันทึกรอยอนุภาคที่มีประจุ เช่น อนุภาคแอลฟาและอนุภาคโปรตอนได้ รวมถึงสามารถใช้เป็นตัวตรวจวัดก๊าซเรดอนได้ เช่น ซีอาร์-39

2.5.1 โพลีคาร์บอเนต

โพลีคาร์บอเนต เป็นพลาสติกที่มีลักษณะใส แข็ง ทนแรงยึดและแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนสูง ทนกรด แต่ไม่ทนด่าง มีจุดหลอมเหลว 267 องศาเซลเซียส มีโครงสร้างโมเลกุลแสดงดังรูป

ที่ 2.11



รูปภาพ 2.11 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของพอลีคาร์บอเนต [6]

2.6 ต้นกำเนิดรังสี

การประยุกต์ใช้แผ่นซีดีสำหรับบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาในงานวิจัยนี้ ได้นำแผ่นซีดีไปบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 ผงแร่ที่มีส่วนประกอบของยูเรเนียม - ทอเรียม เรดอนแชนเบอร์ และในดินตามลำดับ

2.6.1 อะเมริเซียม - 241

อะเมริเซียม - 241 [20] มีครึ่งชีวิต 433 ปี สลายให้อนุภาคแอลฟา 2 พลังงาน โดยโอกาสที่จะสลายให้อนุภาคแอลฟาพลังงาน 5.486 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ คิดเป็นร้อยละ 85 และ โอกาสที่จะสลายให้อนุภาคแอลฟาพลังงาน 5.443 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ร้อยละ 15 เป็นธาตุที่ได้จากการสังเคราะห์โดยใช้ปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ จัดเป็นธาตุโลหะ ไม่มีไอโซโทปเสถียรในธรรมชาติ

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะนำเสนออุปกรณ์และระเบียบวิธีการวิจัย ในการประยุกต์ใช้แผ่นซีดีเพื่อวัดอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม – 241 และก๊าซเรดอน รวมถึงขั้นตอนออกแบบการทดลองวัดอนุภาคแอลฟาโดยใช้แผ่นซีดีสำหรับการทดลองฟิสิกส์นิวเคลียร์ในระดับมัธยมศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. แผ่นซีดี ผลิตโดย Princo ตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม ขนาด 1.0 นิ้ว x 1.0 นิ้ว
2. แท่นวางแผ่นซีดี หนา 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เซนติเมตร
3. โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ผลิตโดย องค์การการค้าของ สกสค.
4. นาฬิกาจับเวลา
5. กระจกตวง
6. คีมคีบ
7. น้ำกลั่น
8. เอทิลแอลกอฮอล์ เข้มข้น 95 % ผลิตโดย องค์การการค้าของ สกสค.
9. ปีกเกอร์
10. กระจกนาฬิกา
11. แ่งแก้วสำหรับคนสารละลาย
12. เทอร์โมมิเตอร์
13. แก้วพลาสติก

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. อ่างควบคุมอุณหภูมิ ผลิตโดยบริษัท GFL ประเทศเยอรมัน
2. เครื่องชั่งสารเคมี ผลิตโดย OHAUS รุ่น PA 214 อ่านค่าได้ละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
3. เรดอนแชมเบอร์ ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ระบบนับรอยอนุภาค ประกอบด้วย กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์ Motic Image plus 2.0

3.3 ต้นกำเนิดรังสี

3.3.1. ต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม – 241

ในการทดลองนี้ได้ใช้ต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม – 241 ชนิดเหรียญ ของบริษัท เอ็นซีเอส เทคโนโลยี จำกัด มีความแรงรังสี 40 กิโลเบคเคอเรล ผลิตเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 1996 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค)

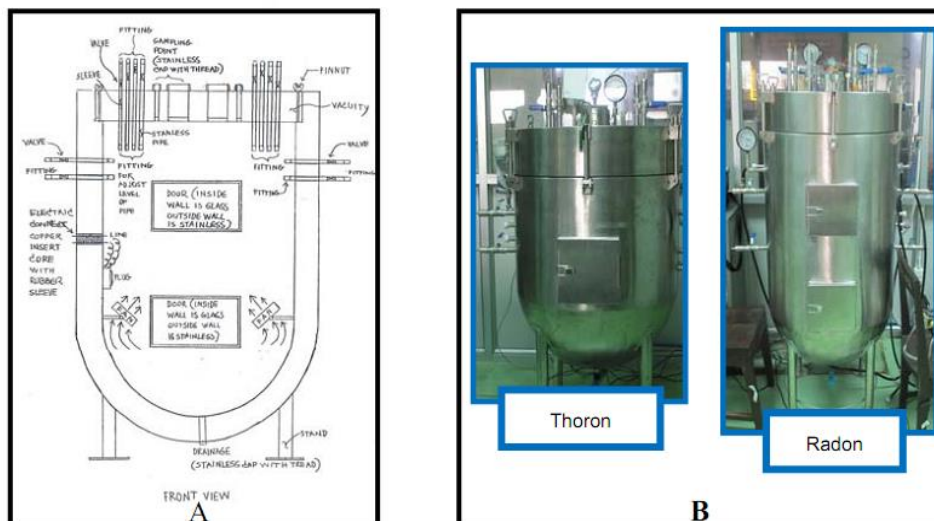
3.3.2. ผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม

ผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นผงแร่ที่ได้จากการนำเม็ดแร่ที่มีส่วนประกอบของธาตุยูเรเนียม – ทอเรียมเป็นส่วนประกอบ ปริมาณ 0.5 กรัม ขุดค้นพบในจังหวัด อุทัยธานี ตั้งอยู่ภาคกลางในประเทศไทย

3.3.3 เรดอนแชมเบอร์

เรดอนแชมเบอร์ [21] เป็นระบบปรับเทียบก๊าซเรดอน (Radon Calibration System) แบบ Exposure Chamber ซึ่งภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พัฒนาขึ้นเพื่อปรับเทียบปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอน โดยใช้แหล่งกำเนิดเรดอนมาตรฐาน (Rn – 1205) ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ในการวัดปริมาณก๊าซเรดอนของเรดอนแชมเบอร์ใช้เครื่องวัดก๊าซเรดอนที่มีชื่อว่า RAD 7 ของบริษัท Durridge เป็นหัววัดแบบกึ่งตัวนำ มีความสามารถแยกแยะระดับพลังงานของอนุภาคแอลฟาที่แผ่ออกมาจากนิวไคลด์

ลูกหลานของก๊าซเรดอนคือ Po - 218 และ Po - 214 รวมทั้ง Po - 216 ซึ่งเป็นนิวไคลด์ลูกหลานของก๊าซโทรอนได้เป็นอย่างดี ในการวิจัยนี้ได้นำแผ่นซีดีไปบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาในเรดอนแชมเบอร์ ที่มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอน 60,000 กิโลเบคเคอเรล เป็นเวลา 3 ชั่วโมง



รูปภาพ 3.1 โทรอนแชมเบอร์และเรดอนแชมเบอร์ [21]

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาด้วยแผ่นซีดีในการวิจัยนี้ มีขั้นตอนการวิจัยอยู่ 4 ขั้นตอน คือ

3.4.1 บันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241

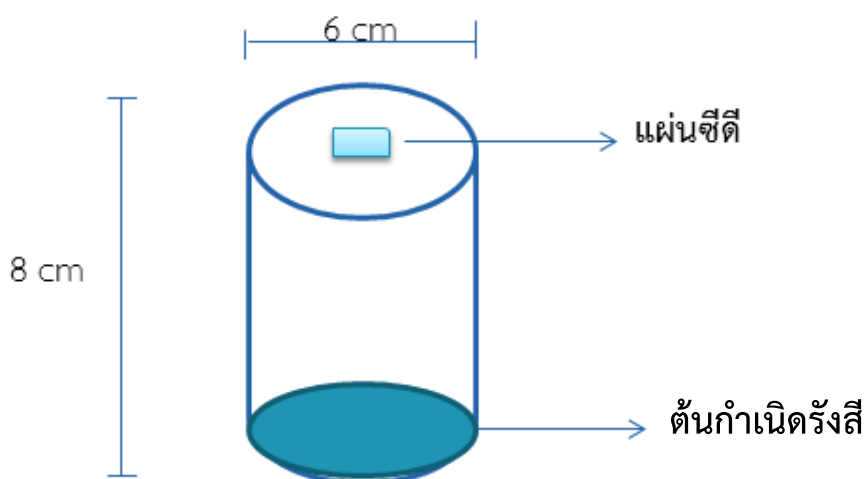
ต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 สลายให้อนุภาคแอลฟา 2 พลังงาน โดยโอกาสที่จะสลายให้อนุภาคแอลฟาพลังงาน 5.486 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ คิดเป็นร้อยละ 85 และ โอกาสที่จะสลายให้อนุภาคแอลฟาพลังงาน 5.443 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ร้อยละ 15 ในการทดลองนี้ได้ใช้แผ่นซีดีของบริษัท Princo ไปบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาที่สลายจากจากต้นกำเนิดรังสีดังกล่าว แล้วล้างกัตรอยด้วยสารละลาย PEW จากนั้นจึงนำแผ่นซีดีที่ผ่านการกัตรอยไปอ่านค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟา ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาบันทึกภาพด้วยโปรแกรม Motic Image Plus 2.0 และวิเคราะห์รอยอนุภาคที่เกิดขึ้นด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ Image J โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมแผ่นซีดี นำแผ่นซีดีมาทำการลอกชั้นแล็กเกอร์และชั้นอะลูมิเนียมออก ทำเครื่องหมายกำกับไว้แล้วนำไปตัดเป็นแผ่นขนาด 1.0 นิ้ว x 1.0 นิ้ว ดังรูปที่ 3.1
2. นำแผ่นซีดีที่ได้จากข้อ 1 ไปวัดตอนุภาคแอลฟาโดยหันด้านที่ทำเครื่องหมายไว้เข้าหา

แหล่งกำเนิดรังสี เป็นเวลา 5 วินาที ที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดรังสี 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เซนติเมตรตามลำดับ ดังรูปที่ 3.2



รูปภาพ 3.2 แสดงภาพแผ่นซีดีที่ตัดตามขนาดที่ต้องการ



รูปภาพ 3.3 ภาพการใช้แผ่นซีดีวัดรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสี อะเมริเซียม - 241

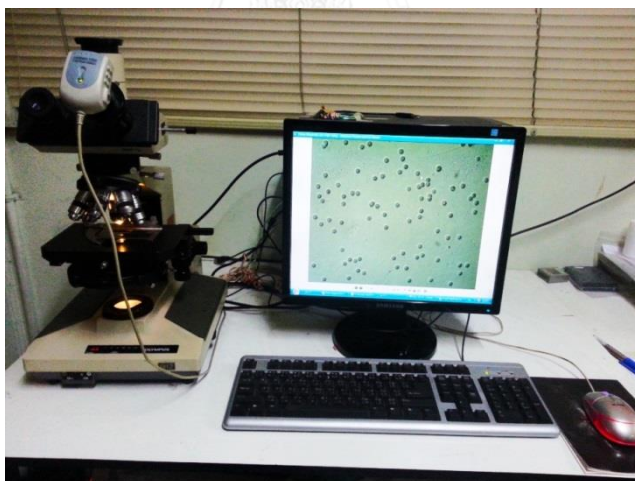
3. เตรียมสารละลาย PEW สองความเข้มข้น ซึ่งประกอบด้วย โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เอทิลแอลกอฮอล์และน้ำในอัตราส่วน 15:45:40 และ 20:40:50 ตามลำดับ นำแผ่นซีดีจากข้อ 2 ชุดที่ 1 มาถึรอยในสารละลายความเข้มข้นแรกโดยนำสารละลายวางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ปรับสเกลอุณหภูมิไปที่ 60 องศาเซลเซียส แช่แผ่นซีดีในสารละลายเป็นเวลา 1 - 7 ชั่วโมง (เพิ่มขึ้นทีละ 1 ชั่วโมง) นำแผ่นซีดีขึ้นจากสารละลาย แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 56 เปอร์เซ็นต์ และน้ำกลั่น ตามลำดับเพื่อเป็นการหยุดปฏิกิริยาการถึรอย นำแผ่นซีดีที่ผ่านการบ้นที่ถึรอย ชุดที่ 2 มาล้างถึรอยในสารละลายความเข้มข้นที่สอง โดยนำสารละลายไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถึรอยแผ่นซีดีเป็นเวลา 12 - 24 ชั่วโมง (เพิ่มขึ้นทีละ 2 ชั่วโมง) เมื่อ

ครบกำหนดเวลา นำแผ่นซีดีขึ้นจากสารละลาย แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 56 เปอร์เซ็นต์ และน้ำกลั่น ตามลำดับเพื่อเป็นการหยุดปฏิกิริยาการกัดรอย



รูปภาพ 3.4 แสดงภาพการกัดรอยแผ่นซีดีด้วยสารละลาย PEW ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

4. นำแผ่นซีดีที่ผ่านการกัดรอยมาอ่านค่ารอยอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา บันทึกภาพด้วยโปรแกรม Motic Image Plus 2.0 ดังแสดงในรูปที่



รูปภาพ 3.5 แสดงการต่อเชื่อมกล้องจุลทรรศน์เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Motic Image Plus 2.0

5. นำภาพที่บันทึกได้ไปวิเคราะห์หาความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ Image J

6. นำข้อมูลที่ได้ในข้อ 6 ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟา กับเวลาที่ใช้ในการกัดรอยในสารละลายความเข้มข้นต่างๆ

3.4.2 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นซีดีเพื่อใช้ในการวัดแอลฟาจากก๊าซเรดอนในเรดอนแชมเบอร์

1. นำแผ่นซีดีที่เตรียมไว้ไปบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจาก เรดอนแชมเบอร์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ดังรูป ที่ 3.4 และ 3.5



รูปภาพ 3.6 แผ่นซีดีที่เตรียมไว้สำหรับนำไปบันทึกรอยอนุภาค



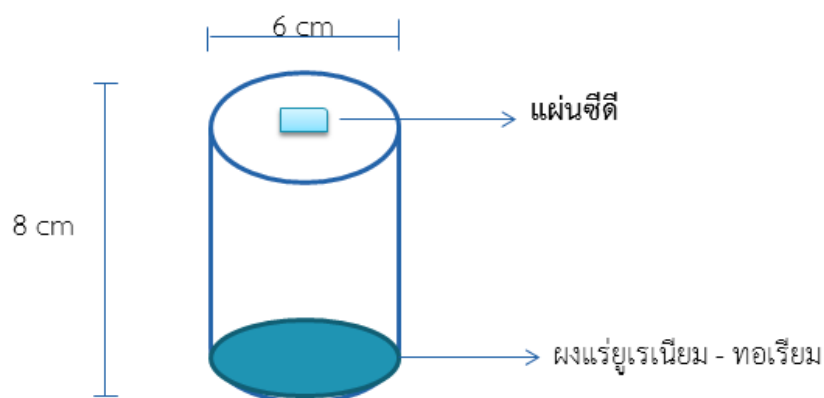
รูปภาพ 3.7 แสดงภาพการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากเรดอนในเรดอนแชมเบอร์

2. นำแผ่นซีดีที่ได้จากข้อ 1 ไปล้างกัทรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 – 10 ชั่วโมง และนำแผ่นซีดีที่ผ่านการบ้นทีกรอยชุดที่ 2 ไปล้างกัทรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นที่ 2 ที่อุณหภูมิ 30 องศา เป็นเวลา 18 – 24 ชั่วโมง โดยเพิ่มขึ้นทีละ 2 ชั่วโมง นำแผ่นซีดีขึ้นจากสารละลาย แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 56 เปอร์เซ็นต์ และน้ำกลั่น ตามลำดับเพื่อเป็นการหยุดปฏิกิริยาการกัทรอย

3. นำแผ่นซีดีที่ผ่านการกัทรอยไปอ่านค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคตามขั้นตอนในข้อ 5, 6 และ 7 ในหัวข้อ 3.4.1

3.4.3 บ้นทีกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนจากแร่ที่มีองค์ประกอบของธาตยูเรเนียม

1. นำแผ่นซีดีที่เตรียมไว้ไปติดไว้บริเวณตรงกลางของก้นแก้วพลาสติก แล้วคว่ำแก้วพลาสติกครอบด้วยพลาสติกบรรจุผงแร่ที่มีองค์ประกอบของธาตยูเรเนียม เป็นเวลา 2 – 6 สัปดาห์ ดังรูป 3.7



รูปภาพ 3.8 ประยุกต์ใช้แผ่นซีดีบ้นทีกรอยอนุภาคแอลฟาที่ฟุ้งกระจายจากผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม

2. นำแผ่นซีดีที่ได้จากข้อ 1 มาล้างกัทรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง เป็นเวลา 22 ชั่วโมง

3. นำแผ่นซีดีที่ผ่านการล้างกัทรอยไปอ่านค่าการอยอนุภาคแอลฟาตามขั้นตอนในข้อ 5, 6 และ 7 ตาม ของหัวข้อ 3.4.1

3.4.4 ออกแบบวิธีการทดลองวัดอนุภาคแอลฟาด้วยแผ่นซีดีสำหรับการทดลองฟิสิกส์นิวเคลียร์ระดับมัธยมศึกษา

นำผลการทดลองที่ได้จากข้อ 3.4.1 – 3.4.3 มาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบการทดลองฟิสิกส์นิวเคลียร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อการทดลอง : การวัดกัมมาเรดอนในธรรมชาติด้วยแผ่นซีดี

จุดประสงค์การทดลอง :

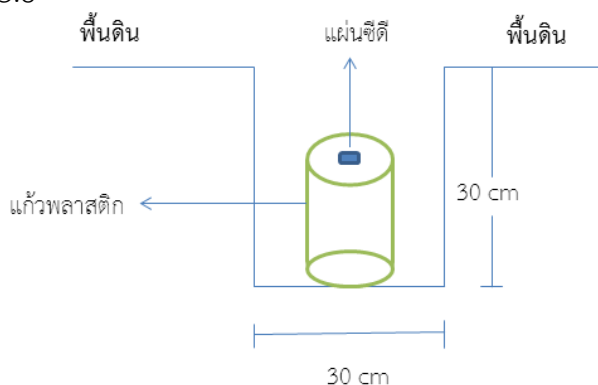
1. เพื่อศึกษาการมีอยู่ของกัมมาเรดอนที่มีอยู่ในธรรมชาติ
2. เพื่อศึกษาวิธีการวัดรังสีด้วยวิธี แทรกซ์เฮชดีเทคเตอร์

อุปกรณ์การทดลอง :

1. แผ่นซีดี จำนวน 1 แผ่น
2. กรรไกร
3. มีดคัทเตอร์
4. ปากกาเขียนแผ่นซีดี
5. แก้วพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้นแก้ว 8 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร
6. จอบ
7. เสียม
8. ตลับเมตร 1 ตลับ
9. กระดาษกาวสองหน้า 1 ม้วน
10. ปีกเกอร์
11. แห้งแก้วสำหรับคนสารละลาย
12. กระบอกตวง
13. กระจกนาฬิกา
14. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
15. โฟแทสเชียมไฮดรอกไซด์
16. เอทิลแอลกอฮอล์
17. น้ำกลั่น

วิธีการทดลอง :

1. ขั้นตอนการวัดก๊าซเรดอนด้วยแผ่นซีดี
 - 1.1 ลอกชั้นเล็กเกอร์และชั้นอะลูมิเนียมของแผ่นซีดีออก ทำเครื่องหมายกำกับด้านที่ลอกออก พร้อมทั้งตัดแผ่นซีดีให้มีขนาด 1.0 นิ้ว x 1.0 นิ้ว
 - 1.2 สำนวณบริเวณที่จะทำการวัดก๊าซเรดอน จากนั้นขีดหลุมให้มีขนาด 30.0 เซนติเมตร x 30.0 เซนติเมตร x 30.0 เซนติเมตร จำนวน 2 หลุม
 - 1.3 นำแผ่นซีดีที่ได้จากข้อ 1 มาติดที่ก้นแก้วพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้นแก้ว 8.0 เซนติเมตร สูง 10.0 เซนติเมตร โดยหันด้านที่ทำเครื่องหมายของแผ่นซีดีออก
 - 1.4 นำแก้วที่ติดแผ่นซีดีในข้อ 3 วางคว่ำลงในหลุมที่ขีดเตรียมไว้ เป็นเวลา 3 – 4 สัปดาห์ ดังรูป 3.8



รูปภาพ 3.9 บันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายในดินโดยแผ่นซีดี

- 1.5 เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำแผ่นซีดีที่ได้ มาเจาะรูด้วยลวดเสียบกระดาษร้อน
 - 1.6 ร้อยแผ่นซีดีเพื่อล้างกัตรอย
2. ขั้นตอนการกัตรอยแผ่นซีดี
 - 2.1 เตรียมสารละลาย PEW ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (สำหรับ ล้างกัตรอยแผ่นซีดี 4 แผ่น)
 - 2.2 เตรียมน้ำและแอลกอฮอล์สำหรับล้างแผ่นซีดีที่ผ่านการกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ดังนี้
 น้ำกลั่น ปริมาตร 500 มิลลิลิตร จำนวน 2 ปีกเกอร์ แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 56 % ปริมาตร 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ปีกเกอร์ น้ำธรรมดา ปริมาตร 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ปีกเกอร์ จัดเรียงตามลำดับ

- 2.3 นำแผ่นซีดีที่ผ่านการวัดรอยก๊าซเรดอนที่ได้จากข้อ 1.6 มาแช่ในสารละลาย PEW ที่เตรียมไว้ในข้อ 2.1 ที่อุณหภูมิ 30 องศา เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วให้นำแผ่นซีดีขึ้นจากสารละลายแล้วล้างด้วยน้ำที่เตรียมไว้ในข้อ 2.2
- 2.4 ผึ่งแผ่นซีดีที่ได้จากข้อ 2.3 ให้แห้ง เป็นเวลา 12 – 24 ชั่วโมง
- 2.5 นำแผ่นซีดีที่แห้งแล้ว มาอ่านค่ารอยอนุภาคที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยก่อนอ่านค่ารอยอนุภาคควรเช็ดทำความสะอาดแผ่นซีดีด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 80 % ทุกครั้ง นับจำนวนรอยอนุภาคที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

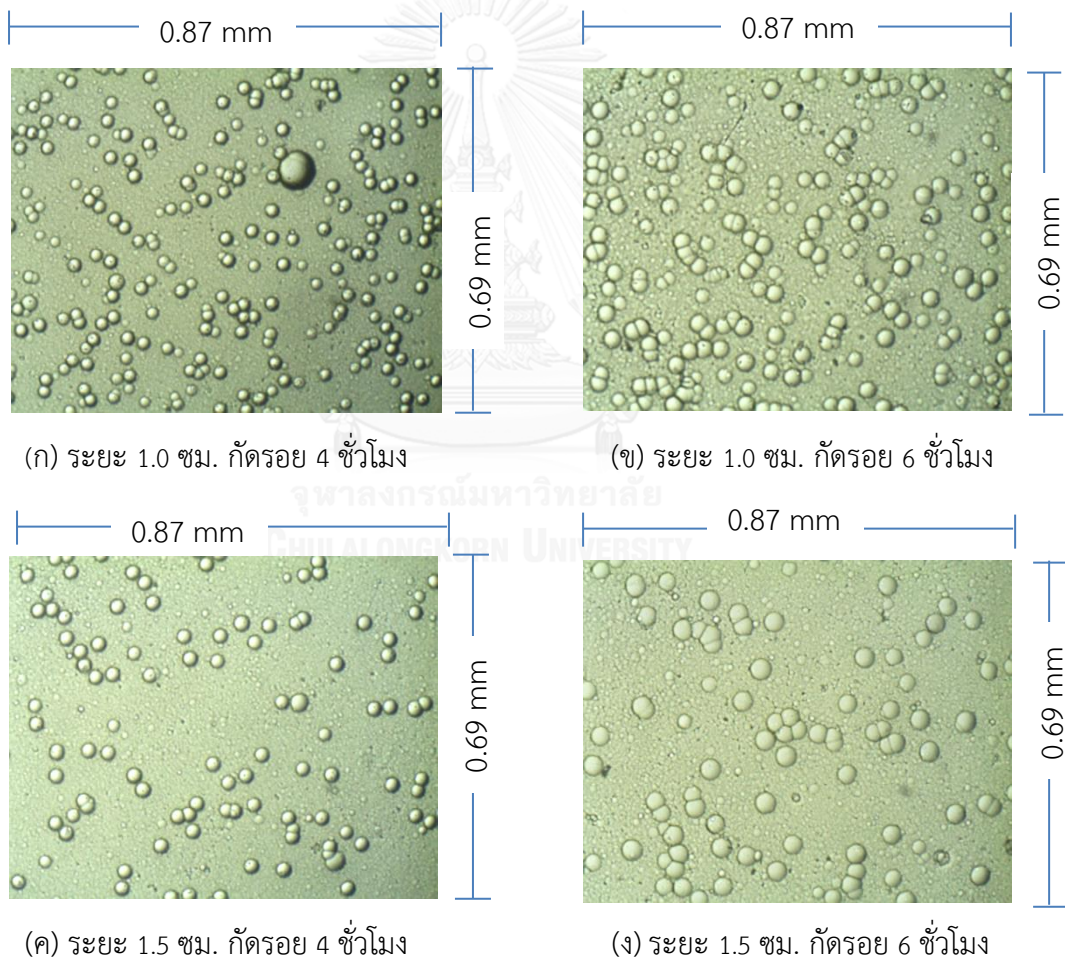
คำถามท้ายการทดลอง :

1. นักเรียนคิดว่า ค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟามีความสัมพันธ์อย่างไรกับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในบริเวณนั้น
2. นักเรียนคิดว่า คำกล่าวที่ว่า “ คนเราใช้ชีวิตอยู่กับรังสีตลอดเวลา ” มีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด จงอธิบายมาพอสังเขป
3. ขนาดของรอยอนุภาคแอลฟามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อระยะทางห่างจากต้นกำเนิดรังสีต่างกัน ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น จงอธิบาย
4. รูปร่างและขนาดของรอยมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรเมื่อใช้เวลาในการกัตรอยต่างกัน

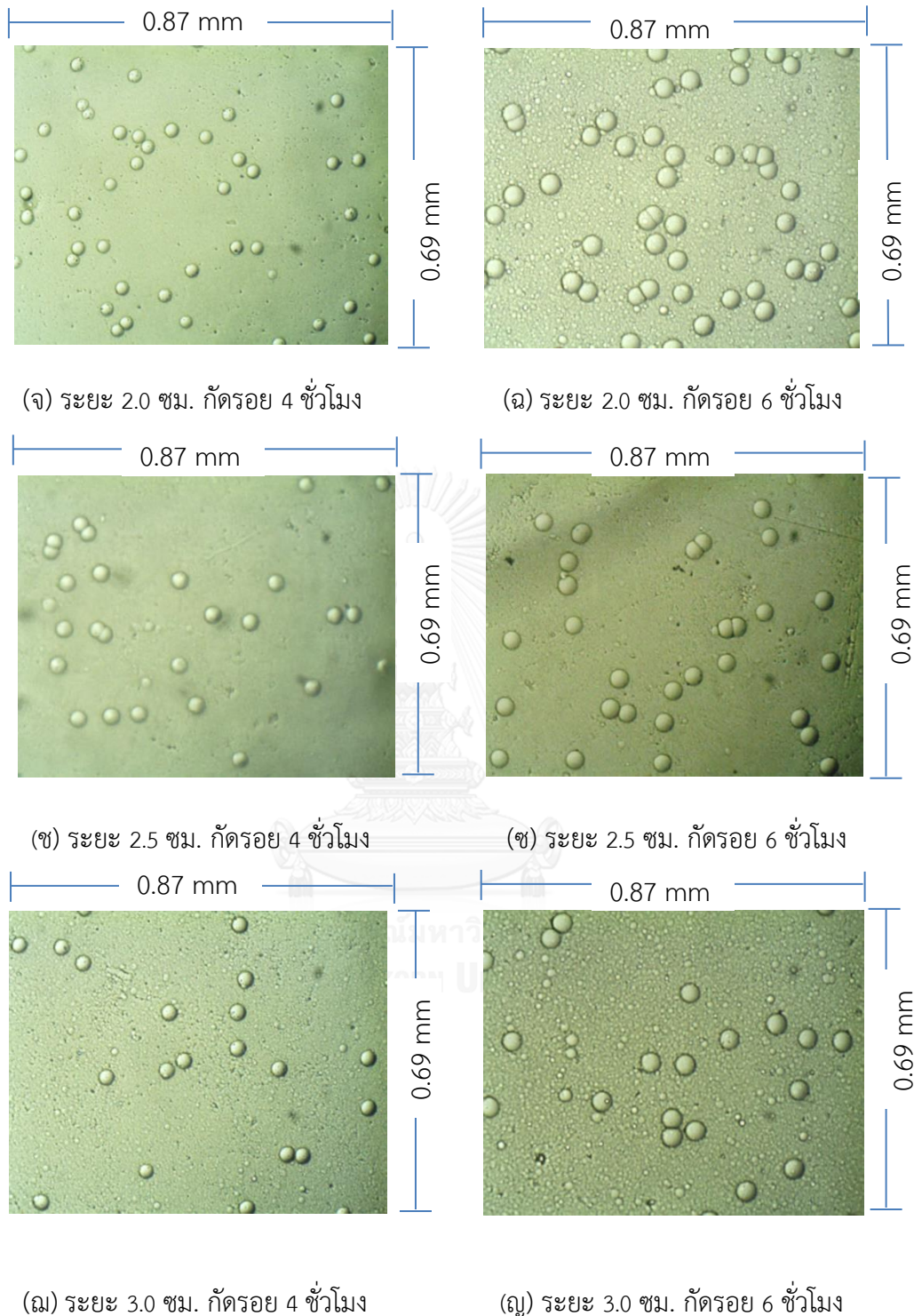
บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241

เมื่อนำแผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสี 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เซนติเมตร ตามลำดับ ล้างกัตรอยด้วยสารละลาย PEW สองความเข้มข้น ผลปรากฏดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

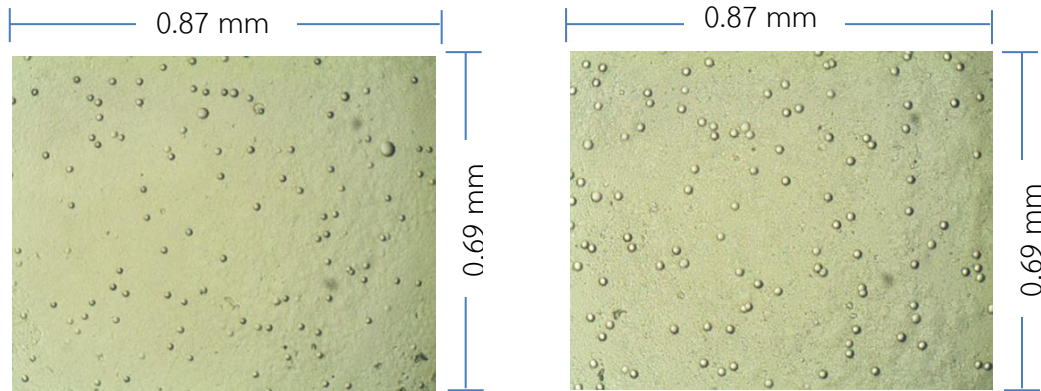


รูปภาพ 4.1 ภาพถ่ายรอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่นซีดี กำลังขยาย 100 เท่า เมื่อกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรกที่ถูกหมัก 60 องศาเซลเซียส



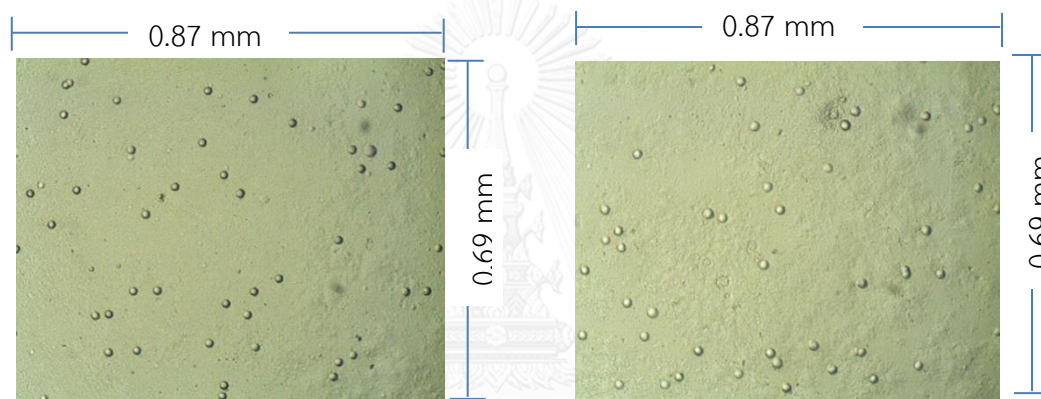
รูปภาพ 4.1 ภาพถ่ายรอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่นซีดี กำลังขยาย 100 เท่า

เมื่อกั้ดรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)



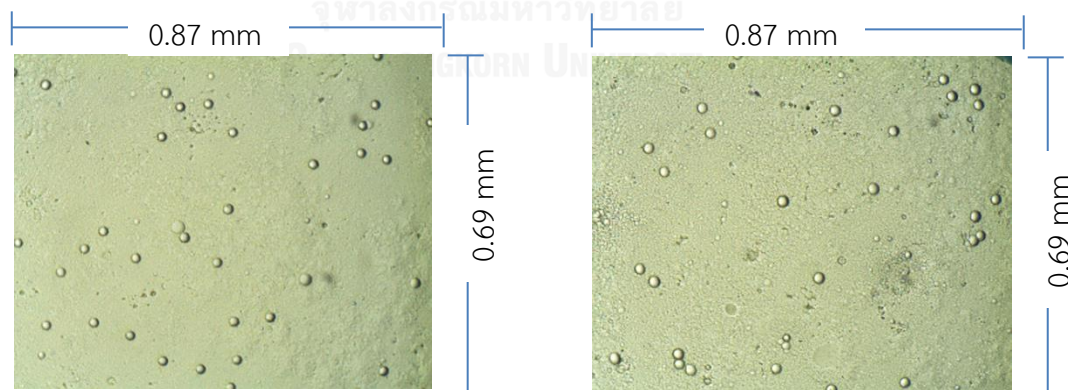
(ก) ระยะ 1.0 ซม. กัดรอย 20 ชั่วโมง

(ข) ระยะ 1.0 ซม. กัดรอย 22 ชั่วโมง



(ค) ระยะ 1.5 ซม. กัดรอย 20 ชั่วโมง

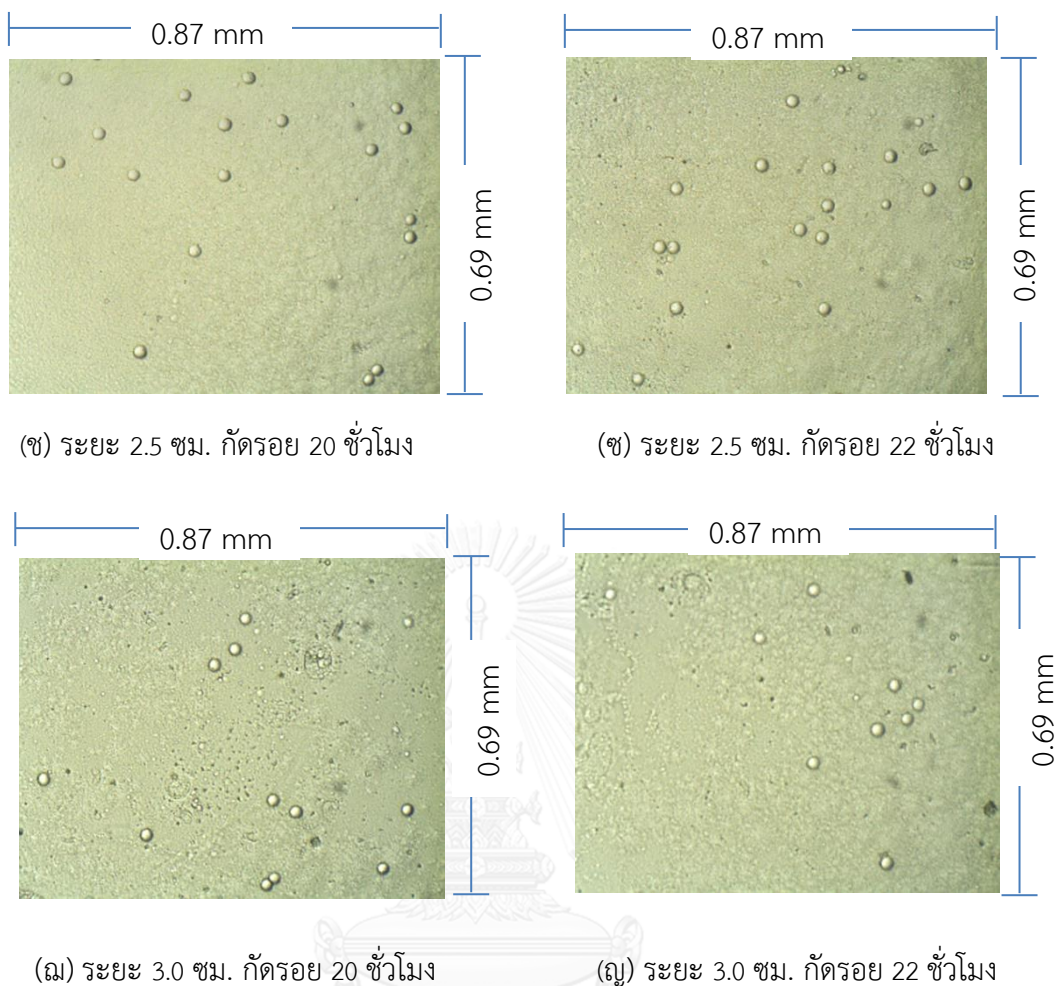
(ง) ระยะ 1.5 ซม. กัดรอย 22 ชั่วโมง



(จ) ระยะ 2.0 ซม. กัดรอย 20 ชั่วโมง

(ฉ) ระยะ 2.0 ซม. กัดรอย 22 ชั่วโมง

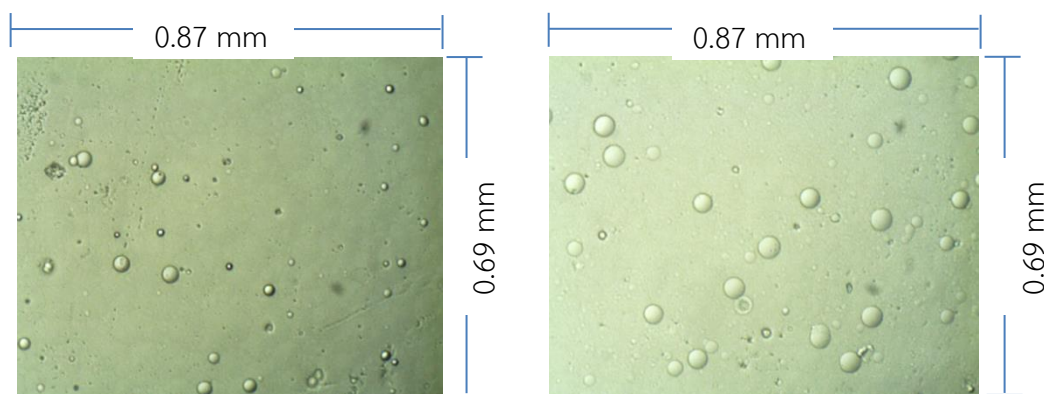
รูปภาพ 4.2 ภาพถ่ายรอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่นซีดี กำลังขยาย 100 เท่า
เมื่อกัดรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



รูปภาพ 4.2 ภาพถ่ายรอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่นซีดี กำลังขยาย 100 เท่า
เมื่อกัดรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (ต่อ)

4.2 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่บรรจุอยู่ในเรดอนแชมเบอร์

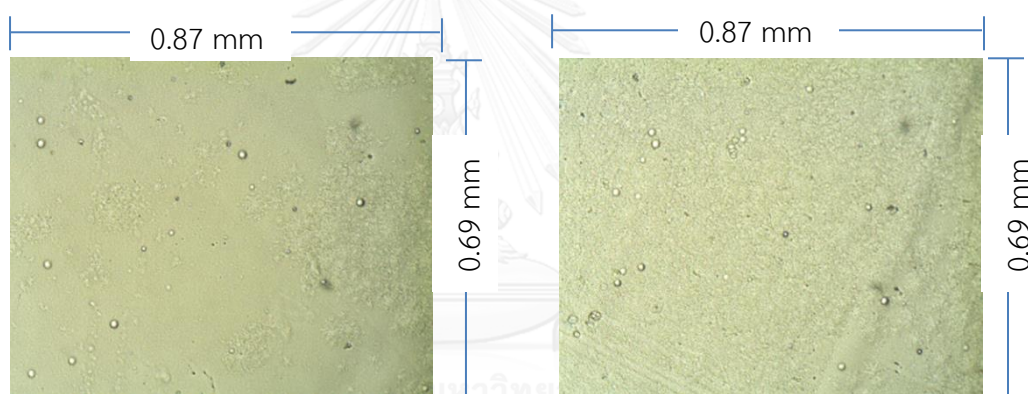
เมื่อนำแผ่นซีดีไปบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่บรรจุอยู่ในเรดอนแชมเบอร์ โดยนำแผ่นซีดีที่เตรียมไว้ไว้ในเรดอนแชมเบอร์ซึ่งภายในบรรจุก๊าซเรดอนความเข้มข้น 62 กิโลเบกเคอเรล เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างกัดรอยด้วยสารละลาย PEW สองความเข้มข้น ผลปรากฏดังรูปที่ 4.3 และ 4.4



(ก) กัตรอยเวลา 4 ชั่วโมง

(ข) กัตรอยเวลา 8 ชั่วโมง

รูปภาพ 4.3 ภาพถ่ายรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนบนแผ่นซีดี กำลังขยาย 100 เท่า เมื่อกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



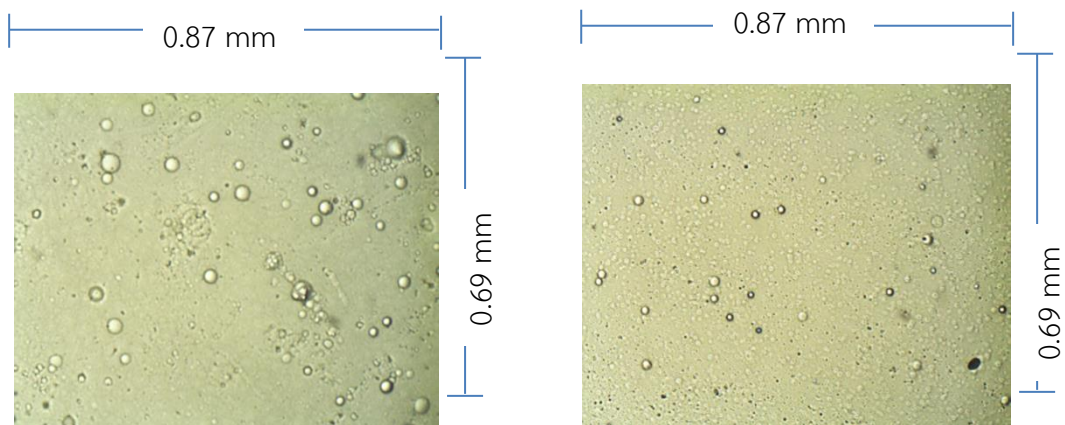
(ก) กัตรอย เวลา 20 ชั่วโมง

(ข) กัตรอย เวลา 22 ชั่วโมง

รูปภาพ 4.4 ภาพถ่ายรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนบนแผ่นซีดีจากเรดอนแชนเบอร์ กำลังขยาย 100 เท่า เมื่อกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

4.3 ผลการบ้นที่กรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายจากผงแร่ยูเรเนียม - ทอเรียม

เมื่อนำแผ่นซีดีไปบ้นที่กรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายจากผงแร่ยูเรเนียม - ทอเรียม โดยนำแผ่นซีดีที่เตรียมไว้ไปติดที่ก้นแก้วพลาสติกแล้วคว่ำแก้วครอบ ถาดผงแร่ยูเรเนียม - ทอเรียม เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำมาล้างกัตรอยด้วยสารละลาย PEW สองความเข้มข้น ผลปรากฏดังรูปที่ 4.5



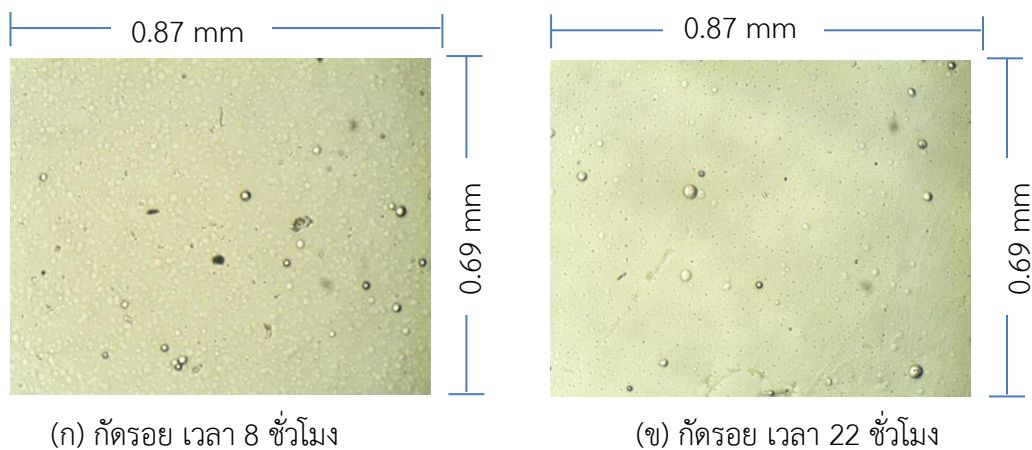
(ก) กัดรอย เวลา 8 ชั่วโมง

(ข) กัดรอย เวลา 22 ชั่วโมง

รูปภาพ 4.5 ภาพถ่ายรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนบนแผ่นซีดีจากแร่ กำลังขยาย 100 เท่า
 ภาพ ก เมื่อกัดรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
 ภาพ ข กัดรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

4.4 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายในดิน

เมื่อนำแผ่นซีดีไปบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายในดิน บริเวณ
 โรงเรียนคอนสารวิทยาคม อ.คอนสาร จ.ชัยภูมิ ทำการทดลองโดยชุดหลุมขนาด 30 เซนติเมตร x 30
 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร นำแผ่นซีดีที่เตรียมไว้ไปติดที่ก้นแก้วพลาสติกแล้วคว่ำแก้วลงในหลุมที่ขุด
 ไว้ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จากนั้นนำมาล้างกัดรอยด้วยสารละลาย PEW 1 และ PEW 2 ผลปรากฏดัง
 รูปที่ 4.6



รูปภาพ 4.6 ภาพถ่ายรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนบนแผ่นซีดีในดิน กำลังขยาย 100 เท่า
 ภาพ ก เมื่อกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
 ภาพ ข กัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

4.5 ความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟา

ความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดบนแผ่นซีดี สามารถหาโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพ Image J ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นในแผ่นซีดีหลังจากวัดอนุภาคแอลฟา
จากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 เป็นเวลา 5 วินาที ด้วยสารละลาย PEW ความ
เข้มข้นแรก อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

| เวลา (hr) | ความหนาแน่นรอยอนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร | | | | |
|-----------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 1.0 cm | 1.5 cm | 2.0 cm | 2.5 cm | 3.0 cm |
| 2 | 45.98 | 66.97 | 74.46 | 71.46 | 16.66 |
| 3 | 48.48 | 68.47 | 44.64 | 29.15 | 18.49 |
| 4 | 216.06 | 81.96 | 38.98 | 28.15 | 21.99 |
| 5 | 200.23 | 77.46 | 37.15 | 27.82 | 17.49 |
| 6 | 200.40 | 75.30 | 35.82 | 25.15 | 16.16 |
| 7 | 191.24 | 72.63 | 36.32 | 24.65 | 15.49 |

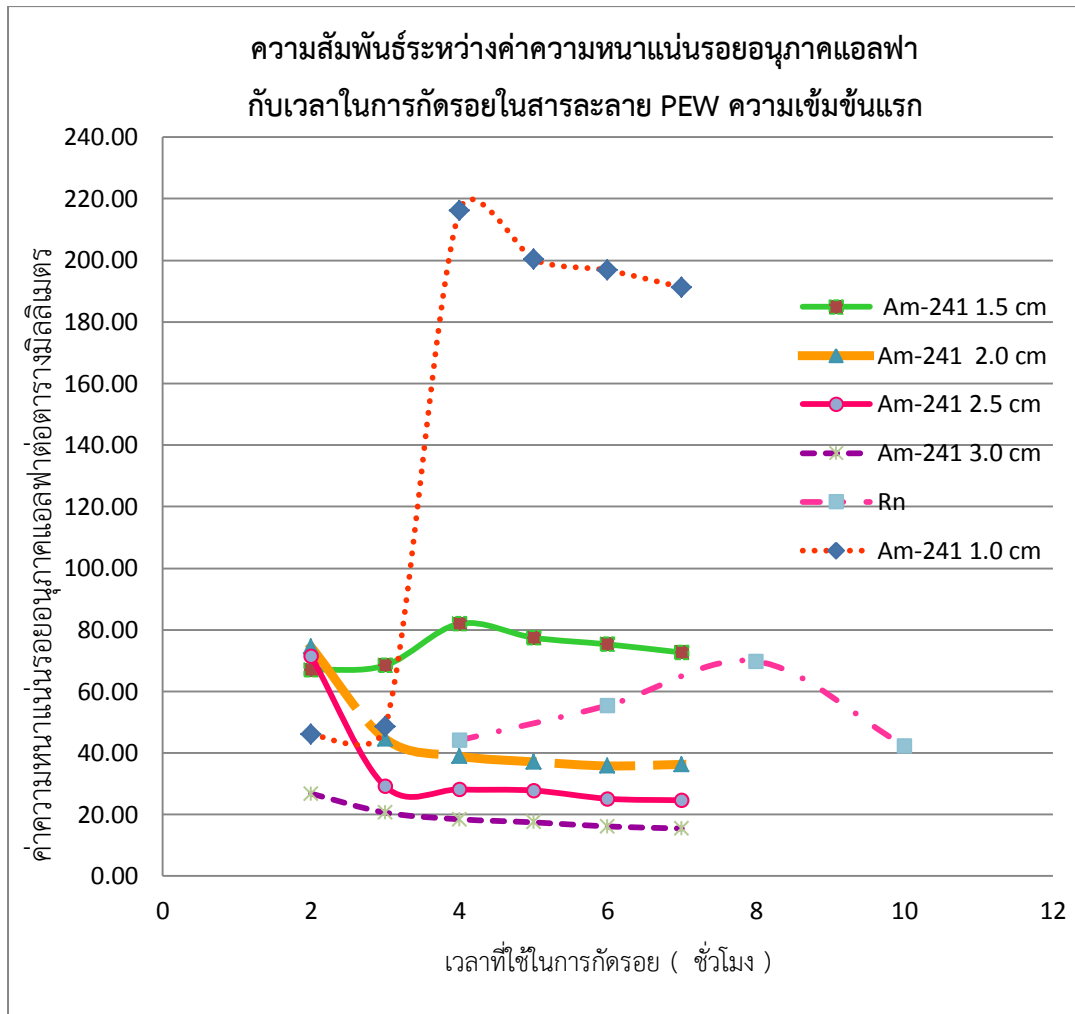
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นในแผ่นซีดีหลังจากวัดอนุภาคแอลฟา
จากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 เป็นเวลา 5 วินาที ด้วยสารละลาย PEW ความ
เข้มข้นสอง อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

| เวลา (hr) | ความหนาแน่นรอยอนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร | | | | |
|-----------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 1.0 cm | 1.5 cm | 2.0 cm | 2.5 cm | 3.0 cm |
| 8 | | | | | 15.66 |
| 10 | | | | 17.82 | 15.83 |
| 12 | | | | 18.82 | 16.16 |
| 14 | | | 30.65 | 24.99 | 18.32 |
| 16 | | 78.79 | 33.98 | 25.65 | 19.32 |
| 18 | 120.27 | 83.13 | 42.65 | 25.99 | 27.82 |
| 20 | 122.11 | 91.12 | 50.64 | 30.15 | 20.16 |
| 22 | 142.60 | 78.79 | 38.31 | 25.82 | 16.82 |
| 24 | 243.05 | 74.13 | 36.32 | 24.49 | 15.66 |

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นในแผ่นซีดีหลังจากวัดอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนในเรดอนแชมเบอร์

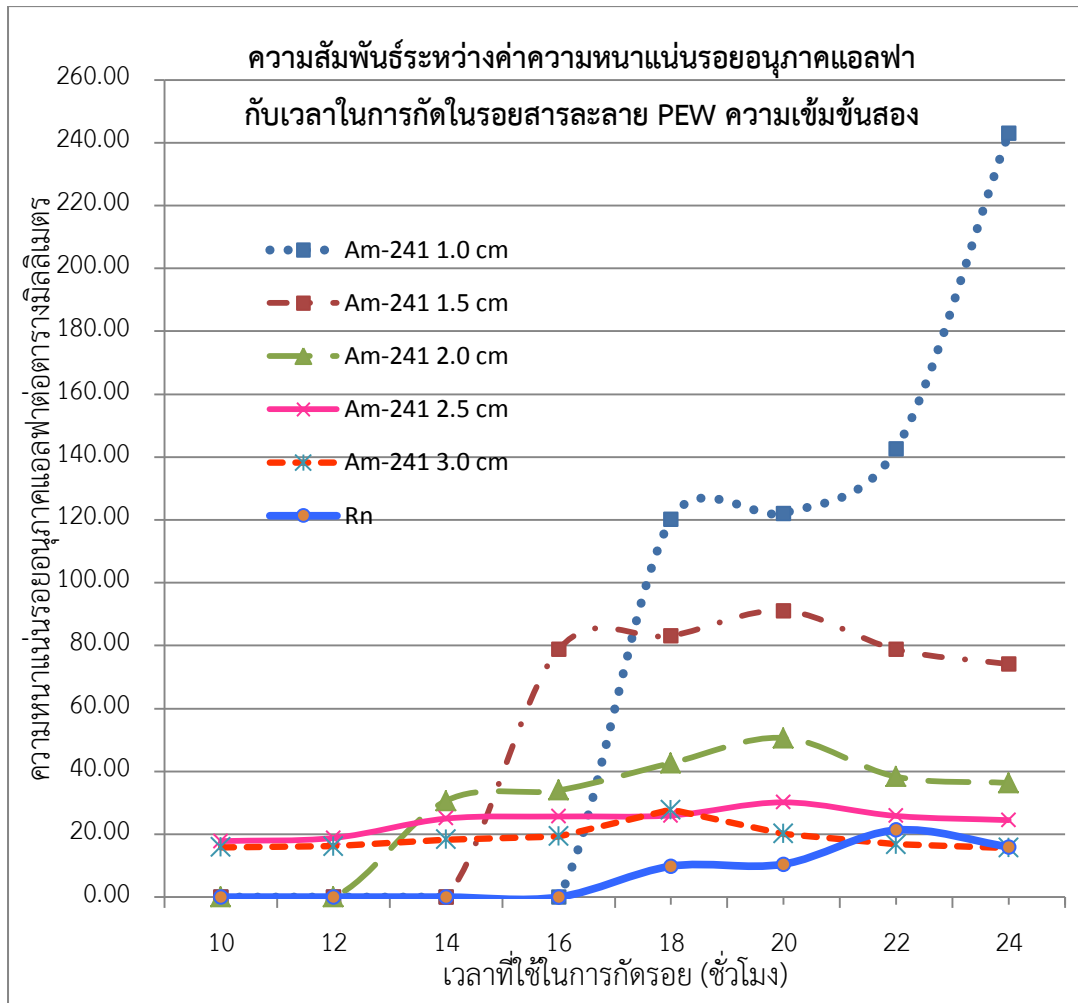
| ค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟา ต่อตารางมิลลิเมตร | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| เวลา (ชั่วโมง) | 4 | 6 | 8 | 10 | 18 | 20 | 22 | 24 |
| PEW ความเข้มข้นแรก | 44.14 | 55.47 | 69.80 | 42.31 | | | | |
| PEW ความเข้มข้นสอง | | | | | 9.83 | 10.49 | 21.32 | 15.99 |

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จาก ตารางที่ 4.1 และ 4.2 และ 4.3 ไปเขียนกราฟระหว่างค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟากับเวลาที่ใช้ในการกัตรอย ได้ผลดังรูปที่ 4.7 และ 4.8



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปภาพ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟา กับเวลาที่ใช้ในการกัตรอยในสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง เมื่อบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 และก๊าซเรดอน



รูปภาพ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟา กับเวลาที่ใช้ในการกักรอย
ในสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก เมื่อบันทึก รอยอนุภาคแอลฟา
จากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 และก๊าซเรดอน

จากตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.6 พบว่า เมื่อบันทึก รอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสี
อะเมริเซียม - 241 ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีที่ระยะต่าง ๆ กันพบว่า เมื่อกักรอยอนุภาคด้วย
สารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะปรากฏ รอยอนุภาคชัดเจนและมี
ความหนาแน่นรอยมากที่สุด ดังนี้ ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 1.0 เซนติเมตร ใช้เวลากักรอย 4 ชั่วโมง
มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 216.06 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 1.5
เซนติเมตร ใช้เวลากักรอย 4 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 81.96 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร

เซนติเมตร ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 2.0 เซนติเมตร ใช้เวลากักตรอย 2 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 74.46 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร ที่ระยะ 2.5 เซนติเมตร ใช้เวลากักตรอย 2 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 71.46 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร และที่ระยะ 3.0 เซนติเมตร ใช้เวลากักตรอย 2 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 26.82 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร

และเมื่อกักตรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสองที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะปรากฏรอยอนุภาคชัดเจนและมีความหนาแน่นรอยมากที่สุด ดังนี้ ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 1.0 เซนติเมตร ใช้เวลากักตรอย 24 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 243.05 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 1.5 เซนติเมตร ใช้เวลากักตรอย 20 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 91.12 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 2.0 เซนติเมตร ใช้เวลากักตรอย 20 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 50.64 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร ที่ระยะ 2.5 เซนติเมตร ใช้เวลากักตรอย 20 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 30.15 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร และที่ระยะ 3.0 เซนติเมตร ใช้เวลากักตรอย 18 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 27.82 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร

จากตารางที่ 4.2 และ รูปที่ 4.7 พบว่า เมื่อบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่บรรจุอยู่ในเรดอนแชมเบอร์ เมื่อกักตรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะปรากฏรอยอนุภาคชัดเจนและมีความหนาแน่นรอยมากที่สุด เมื่อใช้เวลากักตรอย 8 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 69.80 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร และเมื่อกักตรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะปรากฏรอยอนุภาคชัดเจนและมีความหนาแน่นรอยมากที่สุด เมื่อใช้เวลากักตรอย 22 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 21.32 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.5 พบว่า เมื่อบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายจากผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม เป็นเวลา 1 สัปดาห์แล้วนำไปกักตรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลากักตรอย 8 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 45.27 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร และเมื่อกักตรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ

30 องศาเซลเซียส เวลาگذรรอย 22 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 18.23 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.6 พบว่า เมื่อบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายในดินเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำไปگذรรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลาگذรรอย 8 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 15.46 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร และเมื่อگذรรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลาگذรรอย 22 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 8.12 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241

เมื่อบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีที่ระยะต่างๆกันพบว่า เมื่อกัตรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะปรากฏรอยอนุภาคชัดเจนและมีความหนาแน่นรอยมากที่สุด ดังนี้ ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 1.0 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 4 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 216.06 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 1.5 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 4 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 81.96 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 2.0 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 2 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 74.46 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร ที่ระยะ 2.5 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 2 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 71.46 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร และที่ระยะ 3.0 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 2 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 26.82 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร

เพื่อเป็นออกกิจกรรมการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาเรื่อง ฟิสิกส์นิวเคลียร์ จึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลาย PEW เพื่อให้สามารถกัตรอยได้ในอุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความปลอดภัยสูงขึ้นเมื่อทำการทดลอง อีกทั้งเป็นการประหยัดพลังงานและงบประมาณในการจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลอง จึงใช้สารกัตรอยอัตราส่วนตามสารละลาย PEW ความเข้มข้นสองดั่งที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 จะปรากฏรอยอนุภาคชัดเจนและมีความหนาแน่นรอยมากที่สุด ดังนี้ ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 1.0 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 24 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 243.05 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 1.5 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 20 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 91.12 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 2.0 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 20 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 50.64 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร ที่ระยะ 2.5 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 20 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 30.15 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร และที่ระยะ 3.0 เซนติเมตร ใช้เวลากัตรอย 18 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 27.82 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตรเซนติเมตร

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แผ่นซีดีสามารถนำมาประยุกต์ใช้บันทึกรอยอนุภาคแอลฟาได้ โดยที่ระยะห่าง 1.0 เซนติเมตร ต้องใช้เวลาล้างกัตรอยนานกว่าที่ระยะห่างออกไปตามลำดับ เนื่องจากพลังงานของอนุภาคแอลฟาตกลงตามระยะห่างโดยการดูดกลืนของอากาศ ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีน้อย อนุภาคแอลฟาจะมีพิสัยการเคลื่อนที่ในตัวกลางมากกว่าระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีมาก จึงเป็นผลให้มีจำนวนรอยอนุภาคมากกว่าที่ระยะห่างออกไป โดยความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟาเมื่อล้างกัตรอยด้วยสารละลายที่อุณหภูมิต่ำจะมีค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคมากกว่าเมื่อล้างกัตรอยที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งจากผลการทดลองยังพบอีกว่า เมื่อล้างกัตรอยที่อุณหภูมิสูงจะมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าล้างกัตรอยที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแผ่นซีดีสามารถใช้บันทึกรอยอนุภาคแอลฟาได้เช่นเดียวกับแผ่นบันทึกรอยชนิดอื่น ๆ

5.2 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่บรรจุอยู่ในเรดอนแชมเบอร์

เมื่อบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่บรรจุอยู่ในเรดอนแชมเบอร์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่มีความเข้มข้นก๊าซเรดอน 60,000 กิโลเบคเคลเรล เมื่อกัตรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะปรากฏรอยอนุภาคชัดเจนและมีความหนาแน่นรอยมากที่สุด เมื่อใช้เวลากัตรอย 8 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 69.80 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร และเมื่อกัตรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะปรากฏรอยอนุภาคชัดเจนและมีความหนาแน่นรอยมากที่สุด เมื่อใช้เวลากัตรอย 22 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 21.32 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร

5.3 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายจากผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม

เมื่อบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายจากผงแร่ยูเรเนียม – ทอเรียม เป็นเวลา 1 สัปดาห์แล้วนำไปกัตรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลากัตรอย 8 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 45.27 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร และ

เมื่อกัดรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลากัดรอย 22 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 18.23 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร

5.4 ผลการบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายในดิน

เมื่อบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายในดินเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำไปกัดรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลากัดรอย 8 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 15.46 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร และเมื่อกัดรอยอนุภาคด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลากัดรอย 22 ชั่วโมง มีความหนาแน่นรอยอนุภาค 8.12 อนุภาคต่อตารางมิลลิเมตร

จากผลการทดลองข้อ 5.2 5.3 และข้อ 5.4 พบว่าแผ่นซีดีสามารถประยุกต์ใช้บันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนได้ ถึงแม้ผลการทดลองจะไม่สอดคล้องกับทฤษฎีการกัดรอยอนุภาคที่ว่า เมื่อล้างกัดรอยอนุภาคด้วยสารละลายที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้ขนาดของรอยอนุภาคมีขนาดเล็ก แต่มีความหนาแน่นรอยอนุภาคมากกว่าเมื่อล้างกัดรอยที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อล้างกัดรอยด้วยสารละลายที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เกิดรอยอนุภาคขนาดเล็ก จึงยากต่อการสังเกต ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่รอยอนุภาคที่ปรากฏมีขนาดใกล้เคียงกับรอยขีดข่วนบนแผ่นซีดีซึ่งเกิดจากขั้นตอนการลอกชั้นแล็กเกอร์และชั้นอะลูมิเนียม หรือเป็นลักษณะเนื้อสารของแผ่นซีดีเอง จึงทำให้การนับรอยอนุภาคมีการคลาดเคลื่อนได้ จึงจำเป็นต้องใช้ความชำนาญในการนับรอยอนุภาคที่เกิดขึ้น เพื่อให้ลดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

ในการออกแบบการทดลองวัดอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนโดยใช้แผ่นซีดีสำหรับการทดลองฟิสิกส์นิวเคลียร์ระดับมัธยมศึกษา เพื่อความปลอดภัยของนักเรียนจึงเลือกเงื่อนไขการล้างกัดรอยที่ใช้อุณหภูมิต่ำ สารละลายกัดรอยประกอบด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เอทิลแอลกอฮอล์และน้ำ ในอัตราส่วน 20:40:50 ใช้เวลาล้างกัดรอย 22 ชั่วโมง ล้างกัดรอยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยนำแผ่นซีดีไปบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาจากก๊าซเรดอนในดิน จะเห็นว่าอุปกรณ์ทดลองเป็นวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ในโรงเรียนไม่จำเป็นต้องจัดซื้ออุปกรณ์ราคาแพงเพิ่มเติม จึงเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการเตรียมการทดลองได้อีกทางหนึ่ง อีกทั้งช่วยลดการใช้พลังงาน เมื่อคิดราคาต่อการทดลอง สำหรับนักเรียน 30 คนแล้ว คิดเป็นมูลค่า ดังนี้

1. แผ่นซีดี 1 แผ่น (ตัดแบ่งได้ 30 แผ่น) ราคา 5 บาท

2. เอทิลแอลกอฮอล์ 250 มิลลิลิตร 1 ขวด ราคา 90 บาท
 3. โฟแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 250 กรัม 1 ขวด ราคา 140 บาท
- รวมงบประมาณทั้งสิ้น 235 บาท

5.5 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการออกแบบการทดลองสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ควรมีการให้ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับฟิสิกส์นิวเคลียร์และส่งเสริมภาคปฏิบัติที่นักเรียนสามารถลงมือทดลองได้ตนเอง เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้อง การพัฒนาอุปกรณ์ทดลองที่มีราคาถูกจึงเป็นความสำคัญมากต่อความสำเร็จสำหรับการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ หัวข้อต่อไปนี้จะน่าจะเป็นเรื่องที่ควรดำเนินการ

5.5.1 ออกแบบและสร้างเครื่องวัดรังสีที่มีราคาถูก โดยใช้วัสดุและส่วนประกอบที่หาได้ในประเทศให้มากที่สุด เพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดซื้อได้และซ่อมแซมได้ง่าย

5.5.2 ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันสำหรับวัดรังสี เช่น การใช้โทรศัพท์มือถือแบบรับรังสี การพัฒนาหัววัดรังสีที่สามารถต่อเข้ากับสมาร์ทโฟนแบบใช้สายและแบบไร้สาย

5.5.3 ออกแบบการทดลองทางฟิสิกส์นิวเคลียร์ให้นักเรียนสามารถทดลองได้ด้วยตนเอง

รายการอ้างอิง

1. ; Available from: <http://www.oaep.go.th/images/news/20110120144101.pdf>
2. ศรีสุวรรณ, ธ., เรดอน: มหันตภัยเงียบในอาคาร. *Journal of Architecture Planning Research and Studies* 2006. **vol4**: p. 23 - 37.
3. H., K. *Characteristics of Solid – State Nuclear Track Detectors for Heavy Charged Particle – A Review*. in *The 13th Meeting of Japan CF Research Society*. 2012. WincAichi, Nagoya, Japan: Japan CF-Research Society
4. รุ่งติลกโรจน์, ว., ศึกษาการนับรอยของนิวตรอนเร็วบนแผ่นฟิล์ม, in *สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี*. 2524, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. Pressyanov D., et al. *Measurement of ²²²Rn by absorption in polycarbonates - Research and Practice*. in *American Association of Radon Scientists and Technologists International Symposium 2008*. 2008. International Symposium Las Vegas NV: AARST.
6. จันทน์ขาว, น., ศึกษาการสำรวจยูเรเนียมโดยวิธีแทรก – เอทซ์, in *สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี*. 2522, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
7. รุ่งสว่าง, ก., การศึกษาวิธีการสำรวจแร่กัมมันตรังสีโดยใช้ถ้วยแทรกเอทซ์ดีเทคเตอร์, in *สาขาการสอนฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย*. 2528, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
8. Pressyanov D., et al., *The compact disk as radon detector - A laboratory study of the method*. Vol. 84. 2003.
9. พังซา, ก., การวัดสารกัมมันตรังสีที่เกิดตามธรรมชาติและที่มนุษย์ผลิตขึ้นในตะกอนดินชายฝั่งทะเลจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน, in *สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี*. 2553, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
10. *The Health Physics Society.2003. Radioactivity in nature. Introduction to radiation*. 2003; Available from: <http://www.umich.edu/radinfo/introduction/natural.html> .
11. รุ่งธนเกียรติ, น., *วิทยาศาสตร์นิวเคลียร์*. Vol. 1. 2545, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
12. ปุณณชัยยะ, ส., *Nuclear radiation detection and instrumentation*. 2555.

13. 2013; Available from: <http://csep10.phys.utk.edu/astr162/lect/light/bohr.htm>
14. Yu K.N., et al., *Comparison among alpha-particle energy losses in air obtained from data of SRIM, ICRU and experiments*. Applied Radiation and Isotopes, 2003. **59**: p. 363-366.
15. Paul, H. *Bragg Curve for Alphas in Air.png*. 2006; Available from: Bragg Curve for Alphas in Air.png.
16. วัชรจิตตานนท์สาขาฟิสิกส์, ว., การผลิตแผ่นเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาดนาโนแปรผันโดยอาศัยเทคนิคการกัดรอยนิวเคลียร์, in คณะวิทยาศาสตร์ 2556, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
17. Fleischer L.R., Price B.P, and Walker M.R., *Nuclear Tracks in Solids: Principles and Applications*. 1975, University of California Press Berkeley and Los Angeles: USA.
18. กาญจนวรรณชัย, บ. การผลิตแผ่นซีดีที่เรียกว่าแผ่นปั๊ม. Available from: <https://www.mtec.or.th/index.php/2013-05-29-09-06-21/2013-05-29-09-39-49/621->
19. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, ก. หลักการทำงานของแผ่นซีดี. Available from: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci2/cd-rom/cdthai1.htm>.
20. Knoll F. G., *Radiation detection and measurement*. 2010, United states of America: John Wiley & Sons, Inc.
21. กรานรอด ช., et al., การพัฒนาเรดอนและโทรอนแอมเบอร์สำหรับการปรับเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดแกสเรดอนและโทรอนแบบติดตั้งอยู่กับที่. การประชุม วิชาการ วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 12 2554.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ยเมื่อใช้แผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคแอลฟา

ตารางที่ ก.1 จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ยเมื่อใช้แผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคจาก

ต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 ล้างกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นแรก

| เวลา (hr) | จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|--------------|---|-------------|------------|------------|------------|
| | 1.0 cm | 1.5 cm | 2.0 cm | 2.5 cm | 3.0 cm |
| 2 | 27.60±4.29 | 40.20±3.63 | 44.70±5.96 | 42.90±4.31 | 16.10±2.33 |
| 3 | 29.10±4.58 | 41.10±8.62 | 26.80±3.79 | 17.50±1.72 | 12.40±2.17 |
| 4 | 129.70±12.42 | 49.20±4.89 | 23.40±2.22 | 16.90±3.07 | 11.10±1.97 |
| 5 | 120.20±19.95 | 46.40±5.95 | 22.30±4.14 | 16.70±2.58 | 10.50±2.46 |
| 6 | 118.10±10.38 | 45.20±10.33 | 21.50±2.76 | 15.10±2.33 | 9.70±2.45 |
| 7 | 114.80±10.98 | 43.60±3.53 | 21.80±6.54 | 14.80±1.32 | 9.30±2.98 |

ตารางที่ ก.2 จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ยเมื่อใช้แผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคจาก

ต้นกำเนิดรังสีอะเมริเซียม - 241 ล้างกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ความเข้มข้นสอง

| เวลา (hr) | จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | | |
|--------------|---|------------|------------|------------|------------|
| | 1.0 cm | 1.5 cm | 2.0 cm | 2.5 cm | 3.0 cm |
| 8 | | | | | 9.40±1.65 |
| 10 | | | | 10.70±1.49 | 9.50±2.27 |
| 12 | | | | 11.30±2.45 | 9.70±1.64 |
| 14 | | | 18.40±4.55 | 15.00±2.49 | 11.00±2.54 |
| 16 | | 47.30±9.26 | 20.40±5.58 | 15.40±3.13 | 11.70±2.22 |
| 18 | 72.20±11.44 | 49.90±6.72 | 25.6±5.42 | 15.60±3.69 | 16.70±3.34 |
| 20 | 73.30±10.15 | 54.70±6.22 | 30.40±5.42 | 18.10±4.72 | 12.10±2.88 |
| 22 | 85.60±8.78 | 47.30±8.98 | 23.00±3.65 | 15.50±5.54 | 10.10±3.31 |
| 24 | 145.90±19.90 | 44.50±9.63 | 21.80±3.91 | 14.70±3.62 | 9.40±3.34 |

ตารางที่ ก.3 จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ยเมื่อใช้แผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคจากก๊าซเรดอน ล้างกัตรอยด้วยสารละลาย PEW สองความเข้มข้น

| เวลา (hr) | จำนวนรอยอนุภาคเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | | | |
|-----------|---|-------------|-------------|------------|
| | 4 | 6 | 8 | 10 |
| PEW1 | 26.50±9.20 | 33.30±11.68 | 41.90±7.36 | 25.40±6.15 |
| เวลา (hr) | 18 | 20 | 22 | 24 |
| PEW2 | 5.90±1.45 | 6.30±1.64 | 12.800±2.82 | 9.60±2.99 |

ภาคผนวก ข

การทดลอง : การวัดก๊าซเรดอนในธรรมชาติด้วยแผ่นซีดี

จุดประสงค์การทดลอง

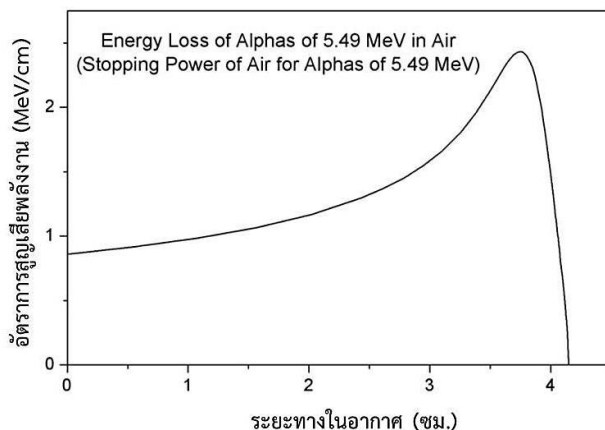
1. เพื่อศึกษาการมีอยู่ของก๊าซเรดอนที่มีอยู่ในธรรมชาติ
2. เพื่อศึกษาวิธีการวัดรังสีด้วยวิธี แทรกซ์เฮชดีเทคเตอร์

ทฤษฎี

ธาตุกัมมันตรังสี (Radioactive Elements) หมายถึงธาตุหรือนิวไคลด์ที่มีนิวเคลียสของอะตอมไม่เสถียร เกิดการสลายตัวของนิวเคลียสตลอดเวลาซึ่งทำให้เกิดเป็นนิวไคลด์ใหม่และแผ่รังสีออกมา รังสีที่แผ่ออกมาเรียกว่า กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) มี 3 ชนิด คือ อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา และรังสีแกมมา [1]

เรดอนเป็นธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่ง ที่มีอยู่ในธรรมชาติโดยมีไอโซโทปประมาณ 20 ไอโซโทป มีเลขอะตอม 86 สถานะก๊าซ จัดเป็นก๊าซเฉื่อย ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ เกิดจากการสลายตัวของอนุกรมยูเรเนียมและอนุกรมทอเรียม ก๊าซเรดอนที่สำคัญในธรรมชาติมี 3 ไอโซโทป ได้แก่ ก๊าซแอกติโนน (Rn-219) เกิดจากการสลายตัวในอนุกรมแอกติเนียม มีค่าครึ่งชีวิต 4.0 วินาที ก๊าซทอเรียม (Rn-220) เกิดจากการสลายตัวในอนุกรมทอเรียม มีค่าครึ่งชีวิต 55.6 วินาที และก๊าซเรดอน (Rn-222) มีค่าครึ่งชีวิต 3.82 วัน ทั้งสามไอโซโทปเมื่อสลายตัวจะปลดปล่อยอนุภาคแอลฟาออกมา เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของเรดอนใต้ผิวดิน เนื่องจากก๊าซเรดอนมีสถานะก๊าซเฉื่อยจึงไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับธาตุต่างๆที่เรดอนเคลื่อนที่ผ่าน ซึ่งก๊าซเรดอนจะเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดสู่ผิวดินโดยการแพร่โดยระยะทางที่เคลื่อนที่ได้จะขึ้นกับความพรุนกับความชื้นของดิน ซึ่งถ้าดินที่มีความพรุนสูงแต่ความชื้นต่ำ ก๊าซเรดอนเคลื่อนที่ได้ไกลกว่ากรณีที่ดินมีความพรุนต่ำแต่ความชื้นสูง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับการไหลตามของไหล โดยระยะที่ก๊าซเรดอนเคลื่อนที่ได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของของไหล

อนุภาคแอลฟามีประจุ +2 มีมวลประมาณ 4 u ซึ่งจัดเป็นอนุภาคมีประจุชนิดหนัก (heavy charged particle) การสูญเสียพลังงานของอนุภาคแอลฟาในตัวกลางเป็นไปตามสมการ (14)



รูปภาพ ข.1 อัตราการสูญเสียพลังงานของอนุภาคแอลฟาในอากาศตามระยะทางที่วิ่งผ่าน [14]

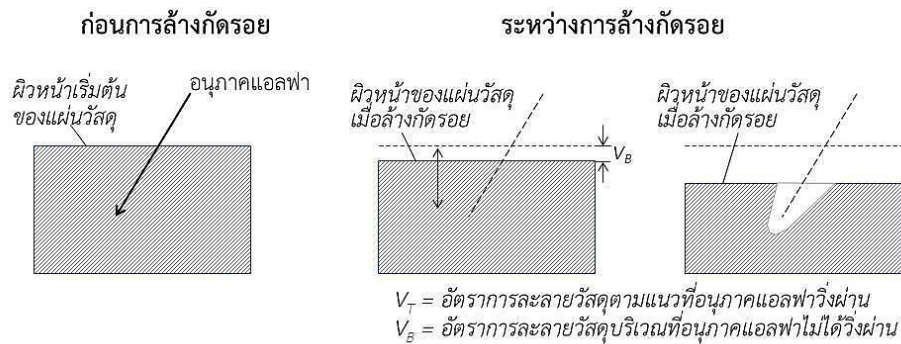
(สำหรับอนุภาคแอลฟาพลังงาน 5 MeV จากอะเมริเซียม-241)

ทฤษฎี “Ion Explosion Spike” อธิบายว่าเมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางที่เป็นฉนวนประจุไฟฟ้าในอนุภาคนั้นจะถ่ายโอนพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในตัวกลางทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจร (Ionization) เกิดประจุบวกขึ้นรอบๆ แนวทางที่อนุภาคนั้นเคลื่อนที่ผ่าน ประจุบวกเหล่านี้เมื่ออยู่ใกล้กันจะเกิดแรงผลักกันขึ้น ทำให้เกิดความเครียดขึ้นโดยความเครียดเป็นผลให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่เพื่อให้เกิดความสมดุล จะทำให้เกิดรอยในตัวกลางอย่างถาวร โดยความลึกของรอยที่เกิดขึ้นจะแปรผันตรงกับพลังงานของอนุภาคที่เคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางดังแสดงในรูปที่ ข.2



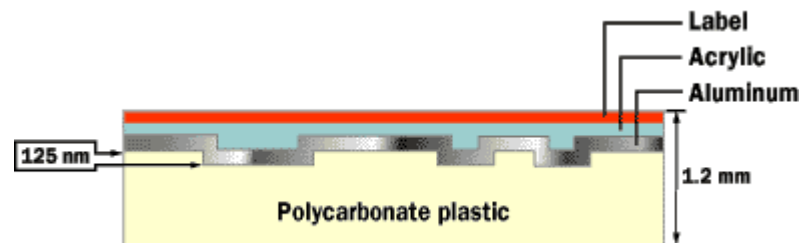
พลังงานที่อนุภาคถ่ายเทให้ตัวกลางตามทางที่วิ่งผ่าน

รูปที่ ข.2 แสดงภาพการเกิดรอยอนุภาคในตัวกลางโพลิเมอร์



รูปภาพ ข.3 แผนภาพแสดงการเกิดรอยบนพื้นผิวตัวกลางระหว่างการล้างกัดรอย
ในสารละลายกัดรอย

แผ่นซีดี [18] คือแผ่นออปติคอลลที่ใช้เก็บข้อมูลดิจิทัลต่างๆ ประกอบด้วยโครงสร้าง 4 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4 ได้แก่ ชั้นพลาสติกโพลีคาร์บอเนต (polycarbonate) เป็นโครงสร้างหลัก ชั้นอะครีลิก (Acrylic) เป็นชั้นที่ใช้บันทึกข้อมูลบนแผ่นซีดี ชั้นโลหะอะลูมิเนียม (หรือเงินหรือทอง) เป็นชั้นโลหะที่ทำหน้าที่สะท้อนแสงเลเซอร์ในเครื่องเล่น และชั้นแล็กเกอร์ (lacquer, Label) เป็นชั้นโพลิเมอร์ที่ใช้ป้องกันชั้นเคลือบโลหะและใช้พิมพ์ข้อความหรือภาพลงบนแผ่น



รูปที่ ข.4 แสดงโครงสร้างส่วนประกอบของแผ่นซีดี [19]

จะเห็นว่าโครงสร้างหลักของแผ่นซีดี ทำด้วยแผ่นพลาสติกโพลีคาร์บอเนต มีความหนา 1.2 มิลลิเมตร สามารถเก็บข้อมูลได้นาน 74 นาที กล่าวคือมีความจุต่อแผ่น 780 ล้านไบต์ หรือ 780 ล้านตัวอักษร บนแผ่นซีดี เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4.8 นิ้ว (12 เซนติเมตร)

จากโครงสร้างของแผ่นซีดีจะเห็นว่าโครงสร้างหลักของแผ่นซีดีประกอบด้วยโพลีคาร์บอเนต ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมา [6] พบว่า พลาสติกโพลีคาร์บอเนต สามารถทำให้เกิดรอยของอนุภาคโปรตอนโดยการฉายนิวตรอนจากต้นกำเนิดนิวตรอน $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ ได้ ซึ่งสารละลายที่เหมาะสมในการกัดรอยของโพลีคาร์บอเนต คือ สารละลาย PEW (ประกอบด้วยสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

(KOH) ร้อยละ 15 น้ำ (H₂O) ร้อยละ 45 และเอทิลแอลกอฮอล์ (C₂H₅OH) ร้อยละ 40) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์การทดลอง :

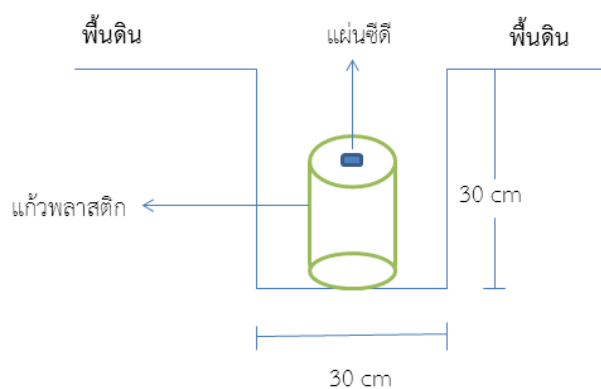
18. แผ่นซีดี จำนวน 1 แผ่น
19. กรรไกร
20. มีดคัทเตอร์
21. ปากกาเขียนแผ่นซีดี
22. แก้วพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้นแก้ว 8 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร
23. จอบ
24. เสียม
25. ตลับเมตร 1 ตลับ
26. กระดาษขาวสองหน้า 1 ม้วน
27. ปีกเกอร์
28. แพงแก้วคนสาร
29. กระจกบด
30. กระจกนาฬิกา
31. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
32. สารละลาย PEW
33. ลวดเสียบกระดาษ
34. เทียนไข
35. เส้นเอ็น
36. ลูกปัด

วิธีทำการทดลอง :

3. ขั้นตอนการวัดก๊าซเรดอนด้วยแผ่นซีดี

- 3.1 ลอกชั้นสกรีนและชั้นอะลูมิเนียมของแผ่นซีดีออก ทำเครื่องหมายด้านที่ลอกชั้นสกรีนออก พร้อมทั้งตัดแผ่นซีดีให้มีขนาด 1.0 นิ้ว x 1.0 นิ้ว
- 3.2 สำนวณบริเวณที่จะทำการวัดก๊าซเรดอน จากนั้นขุดหลุมให้มีขนาด 30.0 เซนติเมตร x 30.0 เซนติเมตร x 30.0 เซนติเมตร จำนวน 2 หลุม

- 3.3 นำแผ่นซีดีที่ได้จากข้อ 1 มาติดที่ก้นแก้วพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้นแก้ว 8.0 เซนติเมตร สูง 10.0 เซนติเมตร โดยหันด้านที่ทำเครื่องหมายของแผ่นซีดีออก
- 3.4 นำแก้วที่ติดแผ่นซีดีในข้อ 3 วางคว่ำลงในหลุมที่ขุดเตรียมไว้ เป็นเวลา 3 – 4 สัปดาห์ ดังแสดงในรูป ข.5



รูปภาพ ข.5 ประยุกต์ใช้แผ่นซีดีบันทึกรอยอนุภาคแอลฟาที่ฟุ้งกระจายในดิน

- 3.5 เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำแผ่นซีดีที่ได้ มาเจาะรูด้วยลวดเสียบกระดาษร้อน ดังรูปที่ ข.6



รูปที่ ข.6 แสดงภาพแผ่นซีดีที่ผ่านการเจาะรูสำหรับเตรียมกล่องตรวจจับ

- 3.6 ร้อยแผ่นซีดีที่ผ่านการเจาะรูด้วยเส้นเอ็นโดยชั้นแผ่นซีดีด้วยลูกปัด



รูปภาพ ข.7 แสดงภาพแผ่นซีดีที่ผ่านการวัดอนุภาคแอลฟาสำหรับนำไปใส่กล่องตรวจจับ

4. ขั้นตอนการกัตรอยแผ่นซีดี



- 4.1 เตรียมสารละลาย PEW ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (สำหรับ ล้างกัตรอยแผ่นซีดี 4 แผ่น)
- 4.2 เตรียมน้ำและแอลกอฮอล์สำหรับล้างแผ่นซีดีที่ผ่านการกัตรอยด้วยสารละลาย PEW ดังนี้
น้ำกลั่น ปริมาตร 500 มิลลิลิตรจำนวน 2 ปีกเกอร์ แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 56 %
ปริมาตร 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ปีกเกอร์ น้ำธรรมดา ปริมาตร 500 มิลลิลิตรจำนวน
1 ปีกเกอร์ จัดเรียงลำดับการล้างดังรูป
- 4.3 นำแผ่นซีดีที่ผ่านการวัดรอยก๊าซเรดอนที่ได้จากข้อ 1.6 มาแช่ในสารละลาย PEW ที่เตรียมไว้ในข้อ 2.1 ที่อุณหภูมิ 30 องศา เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วให้นำแผ่นซีดีขึ้นจากสารละลายแล้วล้างด้วยน้ำที่เตรียมไว้ในข้อ 2.2
- 4.4 ผึ่งแผ่นซีดีที่ได้จากข้อ 2.3 ให้แห้ง เป็นเวลา 12 – 24 ชั่วโมง
- 4.5 นำแผ่นซีดีที่แห้งแล้ว มาอ่านค่ารอยอนุภาคที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยก่อนอ่านค่ารอยอนุภาคควรเช็ดทำความสะอาดแผ่นซีดีด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 80 % ทุกครั้ง นับจำนวนรอยอนุภาคที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง :

1. นักเรียนคิดว่า ค่าความหนาแน่นรอยอนุภาคแอลฟามีความสัมพันธ์อย่างไรกับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในบริเวณนั้น
2. นักเรียนคิดว่า คำกล่าวที่ว่า “ คนเราใช้ชีวิตอยู่กับรังสีตลอดเวลา ” มีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด จงอธิบายมาพอสังเขป
3. ขนาดของรอยอนุภาคแอลฟามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อระยะทางห่างจากต้นกำเนิดรังสีต่างกัน ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น จงอธิบาย
4. รูปร่างและขนาดของรอยมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรเมื่อใช้เวลาในการกัตรอยต่างกัน

ภาคผนวก ค

Certificate of Am - 241

| | |
|--|--|
|  | |
| บริษัท เอ็นซิส เทคโนโลยี จำกัด ENTSYS TECHNOLOGIES co.,ltd | |
| 137/27 หมู่ 11 ถนนสวนผัก แขวงตลิ่งชัน เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170 โทร: (02) 884 3040-1, 884 3431 แฟกซ์ : (02) 884 3430, www.entsys-tech.com , E-mail : entsys@anet.net.th | |
| <hr/> | |
| 14 October 1996 Men/w0 Page 1 of 2 pages, Issue 11/94 | Amersham Buchler GmbH & Co KG Gieschweg 1 D-38110 Braunschweig Postfach 11 49 D-38001 Braunschweig Tel. (05307) 930-0 Fax (05307) 930-293 Fax-Zentrale 930-237 |
| Kopie Copy | |
| CERTIFICATE | |
| No. 225867 for an Unsealed Radioactive Source | |
|  <i>The Health Science Group</i> | |
| Source Type: Checking Source | |
| Product Code | AMR14 |
| Drawing | VZ-1679 |
| Quantity | 1 off |
| Source No(s). | FE 625 |
| Nuclide(s) | Americium-241 |
| Measurement Data | |
| Nominal Activity | 40 kBq |
| Reference Date | 9 October 1996 |
| Traceability* | Not applicable |
| Contamination Test | |
| Test Method* | 1 |
| Test passed on | 11 October 1996 |
| Additional Information | |
| Remark | --- |
| * see page 2 for explanation | |
| Amersham Buchler | |

รูปภาพ ค. 2 ใบรับรองความแรงรังสีของต้นกำเนิดรังสี อะเมริเซียม - 241

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวมนฤดี บัวหีบแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดชัยภูมิ สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ เมื่อ ปีการศึกษา 2550 และในปีการศึกษา 2554 ได้เข้าศึกษาระดับปริญญาโทที่จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์

