บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ซินทิลเลชันเซลล์

ก. นำลูไซต์(Lucite) ทรงกระบอกกลวง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร ที่ปิดด้านหนึ่งเรียบร้อยแล้วพร้อมฝาที่มีวาวลว์ปิดเปิด มาทำความสะอาดแล้วเช็ดให้แห้ง

ข. ใส่ O-ring ที่ฝาลูไซต์เพื่อเวลาปิด-เปิด จะได้แน่นสนิท

ค. ใช้ Silicone grease ทาให้ทั่วลูไซต์และฝา

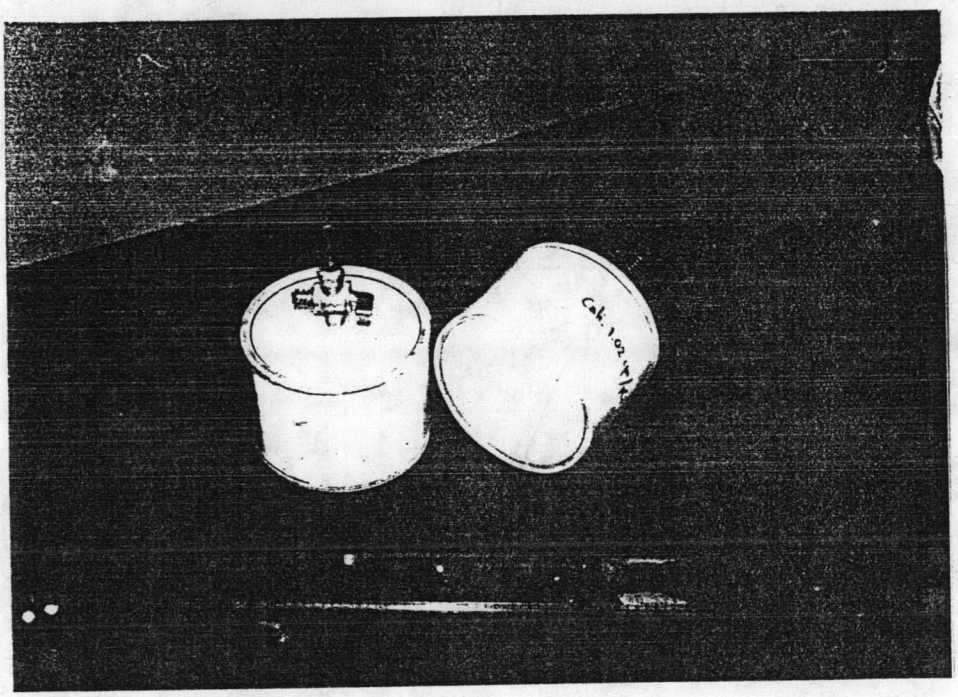
ง. เคลือบภายในกระบอกกลวงของลูไซต์ด้วย Zn(Cu)S alpha phosphore โดยพยายามเกลี่ยให้สม่ำเสมอทั่วลูไซต์ แล้วเคลือบฝาด้วย Zn(Cu)S ให้ทั่วเช่นกัน

จ. ปิดผนึก หรือ sealed ด้านบนให้แน่นด้วยกาว (epoxy) ดังรูปที่ 3.1

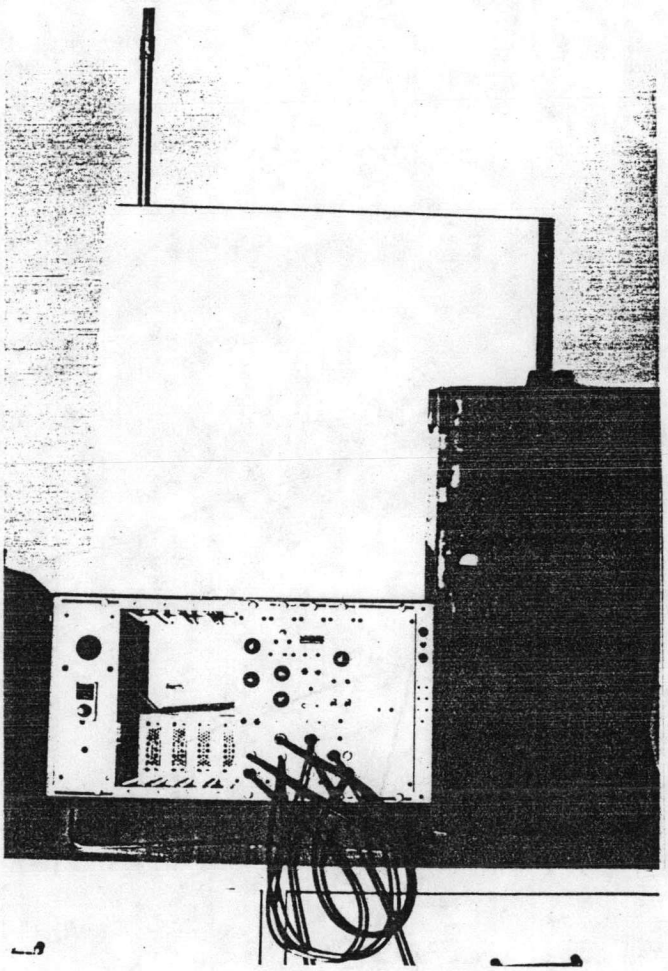
3.1.2 เครื่องวัดรังสีแอลฟาแบบซินทิลเลชัน

(Alpha Scintillation Detector)

นำหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier tube) ขนาด 5 นิ้วx5 นิ้ว ซึ่งบรรจุอยู่ในกล่องไร้แสง (Black box) ต่อเข้ากับ พลีแอมพลิฟลายเออร์ (Preamplifier) , แอมพลิฟลายเออร์ (Amplifier) , ไทเมอร์ (Timer) , สเกลเลอร์ (Scaler) และ แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ซินทิลเลชันเซลล์



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดรังสีแอลฟาแบบซินทิลเลชัน

3.1.3 สารละลายมาตรฐานเรเดียมคลอไรด์ ($RaCl_2$)

ก. ชั่งสารละลายมาตรฐานเรเดียมคลอไรด์ ซึ่งซื้อมาจาก U.S. Department of Commerce ; National Bureau of Standards โดยมีปริมาณเรเดียม เท่ากับ 0.99 ไมโครกรัม เมื่อปี คศ. 1967 หรือมีกัมมันตภาพรังสีเท่ากับ 0.99 ไมโครคูรี่ โดยใช้เครื่องชั่งละเอียดแบบ Mettler H54 และคำนวณกัมมันตภาพรังสีได้เท่ากับ 4.259×10^5 dpm ต่อ กรัมของสารละลายมาตรฐาน

ข. เจือจางสารละลายมาตรฐานเรเดียมคลอไรด์ ให้มีกัมมันตภาพรังสีเป็น 7292.01 dpm ต่อ กรัม

ค. ชั่งสารละลายมาตรฐานเรเดียมคลอไรด์ที่เจือจางแล้วมา หนัก 7.05 มิลลิกรัม ซึ่งมีกัมมันตภาพรังสีเท่ากับ 51.408685 dpm แล้วบรรจุใส่ในบับเบลอร์ (Bubbler) ดังรูปที่ 3.3

ง. ปิดจุกบับเบลอร์ให้แน่น แล้วทิ้งไว้จนสารละลายมาตรฐานเรเดียมคลอไรด์อยู่ในภาวะสมดุลกับแก๊สกัมมันตรังสีเรดอน-222

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

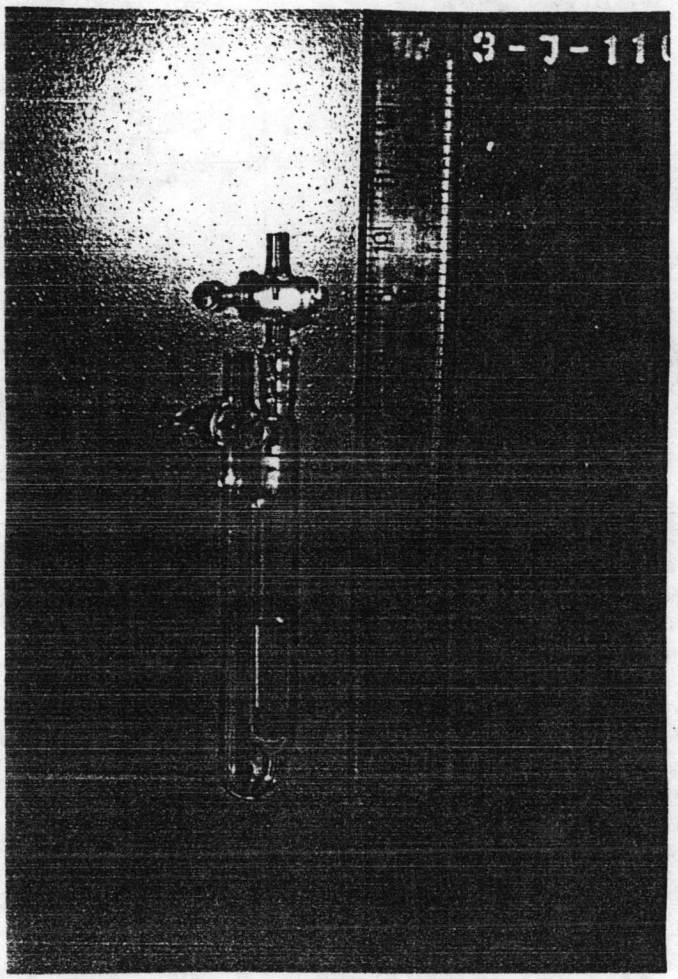
3.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ก. ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้มี 4 ชนิดคือ โมนาไซต์, ตะกรันดีบุก ลิกไนต์และเถ้าลิกไนต์ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

(1) โมนาไซต์ (Monazite) ซึ่งบดละเอียดจนมีขนาดไม่เกิน 200 เมช ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานแปรสภาพแร่โมนาไซต์ ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ถนนวิภาวดีรังสิต บางเขน กรุงเทพฯ

(2) ตะกรันดีบุก (Tin-Slag) ได้รับความอนุเคราะห์จากกองโลหะกรรม , กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม และจาก บริษัทไทยแลนด์แทนทาลัม อินดัสทรี แห่งประเทศไทย

(3) ลิกไนต์และเถ้าลิกไนต์ (Fly Ash and Bottom Ash) ได้



รูปที่ 3.3 สารละลายมาตรฐานเรเดียมคลอไรด์ในบับเบลอร์

รับความอนุเคราะห์จากกองปรมาณู การไฟฟ้าผ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ข. นำตัวอย่างตะกรันตีบุก และ ลิกไนต์ มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแร่ ให้มีขนาดไม่เกิน 200 เมช

ค. อบแร่ตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 110°C

3.2.2 <u>การหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดรังสีแอลฟาแบบซินทิลเลชัน</u>

ก. นำต้นกำเนิดรังสีแอลฟามาตรฐานผสม ซึ่งเป็นไอโซโทปของ $Pu^{238,239,242}$ และ Cm^{244} โดยถูกผนึกพิมพ์ (plate) ลงบนแผ่นทองคำขาว (Platinum) มีกัมมันตภาพรังสี เท่ากับ 2550±10 dpm เมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ.2524 จากการอนุเคราะห์ของ Dr.I.Fisenne แห่ง Environmental Measurement Laboratory , N.Y. , U.S.A. ที่วางประกบกับแผ่น Zn(Cu)S มาวางบนหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ ซึ่งบรรจุอยู่ในกล่องไร้แสงที่ประกอบกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า , พลีแอมพลิฟลายเออร์ , แอมพลิพลายเออร์ , ไทเมอร์ และ สเกลเลอร์

ข. ปรับ coarse gain และ fine gain ให้เหมาะสม

ค. ปรับค่าแรงดันไฟฟ้า(voltage) จนกระทั่งสังเกตเห็นว่าที่สเกลเลอร์เริ่มนับ บันทึกค่าแรงดันเริ่มต้นไว้

ง. ค่อยๆเพิ่มค่าแรงดัน ทีละ 50 โวลต์ แล้วบันทึกค่านับไว้

จ. นำค่าแรงดัน กับ ค่านับที่ได้ ไปเขียนกราฟโดยที่ให้ค่าแรงดันอยู่ที่แกน X และ ค่าที่นับได้อยู่ที่แกน Y จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน กับ ค่าที่นับได้ เพื่อนำไปหา Plateau Curve ของกราฟต่อไป

ฉ. เลือกแรงดันที่เหมาะสม (optimum voltage) ให้อยู่ประมาณ 25% ของ Plateau Curve เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.3 การปรับเทียบซินทิลเลชันเซลล์

ก. นำซินทิลเลชันเซลล์ที่ทำเรียบร้อยแล้ว มาทำให้เป็นสูญญากาศด้วยปั๊มดูดอากาศ (High Vacuum Pump) ดังรูปที่ 3.4 โดยดูดอากาศภายในซิลทิลเลชันเซลล์เป็นเวลาประมาณ 2 นาที

ข. Emanate สารละลายมาตรฐานเรเดียมคลอไรด์จาก บับเบลอร์ที่เตรียมไว้ในหัวข้อ 3.1.3 เข้าไปในซินทิลเลชันเซลล์ที่เตรียมไว้

ค. ทิ้งซินทิลเลชันเซลล์ไว้ในที่มืดเป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างเรดอน และ ผลผลิตครึ่งชีวิตสั้นจากการสลายตัวของเรดอน

ง. นับรังสีแอลฟาจากซินทิลเลชันเซลล์ โดยใช้เครื่องวัดรังสีแอลฟาแบบซินทิลเลชันดังที่กล่าวมาแล้ว

จ. นำค่าที่นับได้มาหาประสิทธิภาพของซินทิลเลชันเซลล์ต่อไป

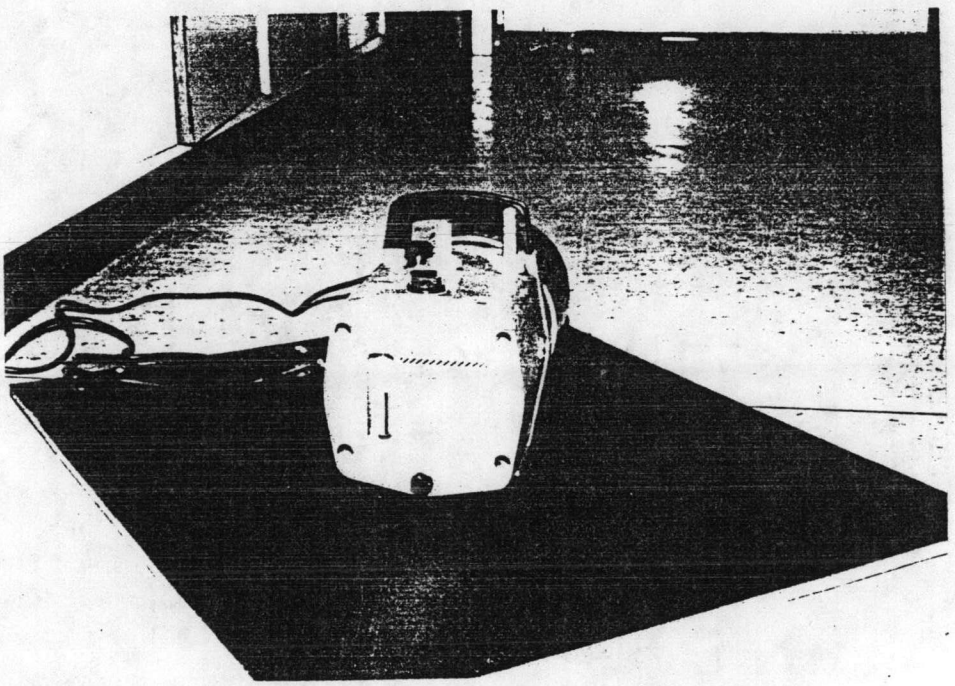
3.2.4 การศึกษาเรดอนที่ปล่อยออก

ก. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดและอบแห้งแล้วมา หนัก 10 กรัม บรรจุใส่ในท่อ พีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 4 เซนติเมตร ซึ่งที่ฐานของท่อ พีวีซี มีช่องสำหรับปล่อยอากาศเข้า 2 ทาง เพื่อไล่เรดอนที่ปล่อยออกมาจากรูพรุนของตัวอย่าง ปิดด้วยฝาที่มีท่อสำหรับให้เรดอนผ่านออกสู่ซินทิลเลชันเซลล์ได้ แล้วจึงปิดผนึกช่องที่เปิดไว้ทุกช่องด้วยเทปกระดาษ

ข. ทิ้งตัวอย่างที่ปิดผนึกเรียบร้อยแล้ว ไว้ให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างเรเดียม กับ แก๊ซกัมมันตรังสีเรดอน

ค. ทำซินทิลเลชันเซลล์ให้อยู่ภายใต้สูญญากาศ โดยใช้ปั๊มดูดอากาศภายในซินทิลเลชันเซลล์เป็นเวลาประมาณ 2 นาที

ง. นำท่อพีวีซีที่อยู่ในภาวะสมดุลแล้ว มาต่อเข้ากับซินทิลเลชันเซลล์ด้วยท่อพลาสติกใสชนิดแข็งที่มีกระดาษกรองคั่นอยู่ เพื่อกรองฝุ่นผงตัวอย่างที่อาจฟุ้งกระจายมาตามท่อพลาสติกใสเข้าสู่ซินทิลเลชันเซลล์



รูปที่ 3.4 ปั๊มดูดอากาศ

จ. Emanate radon จากท่อพีวีซีที่เตรียมไว้ พร้อมทั้งบันทึกเวลาที่เริ่มการ emanate จนกระทั่งเสร็จ

ฉ. นำซินทิลเลชันเซลล์ไปตั้งทิ้งไว้ เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดสมดุลของเรดอน กับ ผลผลิตครึ่งชีวิตสั้นของเรดอน

ช. นำซินทิลเลชันเซลล์ไปนับรังสีแอลฟา ด้วยเครื่องวัดรังสีแอลฟาแบบซินทิลเลชัน พร้อมทั้งบันทึกค่านับต่อหน่วยเวลา

ซ. เปิดฝาท่อ พีวีซี ออก แล้วเติมน้ำกลั่นใส่ตัวอย่างให้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่างๆกัน โดยคลุกให้มีความชื้นสม่ำเสมอทั่วกัน เสร็จแล้วปิดผนึกให้เหมือนเดิมทุกประการ บันทึกวันที่ และ เวลาที่ทำการปิดผนึก

ฌ. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ ข-ซ และบันทึกค่านับต่อหน่วยเวลาของตัวอย่างที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่างๆกันเพื่อเปรียบเทียบกัน

ญ. นำตัวอย่างที่ใช้ในข้อ ก. หนัก 3 กรัม บรรจุในบับเบลอร์ที่เตรียมสารละลายมาตรฐานเรเดียมคลอไรด์ พร้อมทั้งเติมน้ำกลั่นลงในบับเบลอร์ ประมาณ 3 ใน 4 ของบับเบลอร์ หรือจนกระทั่งอยู่ในภาวะจมน้ำ(Flood) แล้วจึงปิดฝาบับเบลอร์ให้เรียบร้อย

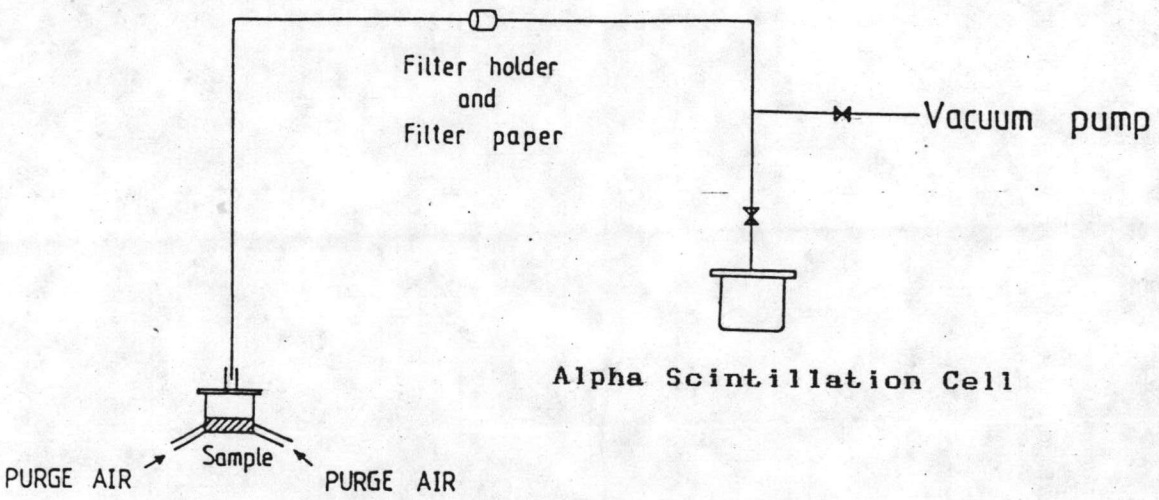
ฎ. ทิ้งบับเบลอร์ไว้จนเกิดภาวะสมดุลระหว่างเรเดียม กับ แก๊ซก้ามมันตรังสีเรดอน

ฏ. ทำการ emanate radon จากบับเบลอร์ ตามการทดลองข้างต้นในข้อ ค-ช

ฐ. เปิดฝาบับเบลอร์ แล้วกรองส่วนที่เป็นน้ำออกมาและนำน้ำที่กรองได้บรรจุใส่กลับบับเบลอร์ตามเดิม เพื่อทำการทดลองหาว่าในน้ำกลั่นจะมีแก๊ซก้ามมันตรังสีเรดอนละลายอยู่หรือไม่ โดยทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ ข-ช

ฑ. ค่าที่ได้จากการทดลองในข้อ ญ-ฐ จะเป็นค่าเรดอนที่ปล่อยออกเมื่อตัวอย่างอยู่ในภาวะจมน้ำ(flood)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 แผนภูมิอุปกรณ์ทำการทดลองศึกษาเรดอนที่ปล่อยออก

3.2.5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเรดอนที่ปล่อยออกกับความสูง

ก. นำตัวอย่างที่บดละเอียดและอบแห้งแล้ว มาชั่งน้ำหนักแล้วบรรจุใส่ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร สูง 90 เซนติเมตร โดยให้เหลือช่องว่างภายในท่อพีวีซีประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วปิดผนึกให้เรียบร้อย

ข. ทิ้งตัวอย่างไว้ให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างเรเดียม กับ เรดอน

ค. นำซินทิลเลชันเซลล์มาทำให้เป็นสูญญากาศ โดยใช้ปั๊มดูดอากาศภายในซินทิลเลชันเซลล์เป็นเวลาประมาณ 2 นาที

ง. Emanate radon จากตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วใส่ซินทิลเลชันเซลล์ โดยใช้ท่อพลาสติกใสชนิดแข็งที่มีกระดาษกรอง ต่อคั่นกลางระหว่างซินทิลเลชันเซลล์ กับ ท่อพีวีซีที่บรรจุตัวอย่าง

จ. เก็บซินทิลเลชันเซลล์ไว้เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างเรดอน กับ ผลผลิตครึ่งชีวิตสั้นของเรดอนที่เกิดขึ้น

ฉ. นำซินทิลเลชันเซลล์ไปนับรังสีแอลฟา ด้วยเครื่องนับรังสีแอลฟาแบบซินทิลเลชัน และบันทึกค่าอัตรานับต่อหน่วยเวลา และเวลาที่นับด้วย

ช. เมื่อได้ค่าอัตรานับที่ความสูง 90 เซนติเมตร แล้วทำการตัดท่อพีวีซีออก 10 เซนติเมตร พร้อมทั้งเอาตัวอย่างออกและปิดผนึกให้เหมือนเดิม บันทึกเวลาที่ทำการปิดผนึกด้วย

ซ. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ ข-ฉ ใหม่ จนกระทั่งท่อ พีวีซี มีความสูงเหลือเพียง 20 เซนติเมตร หรือ ตัวอย่างสูงเพียง 10 เซนติเมตร

ฌ. นำค่าอัตรานับที่ได้ที่ความสูงต่างๆกัน มาเปรียบเทียบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

3.2.6 การศึกษาเรดอนฟลักซ์

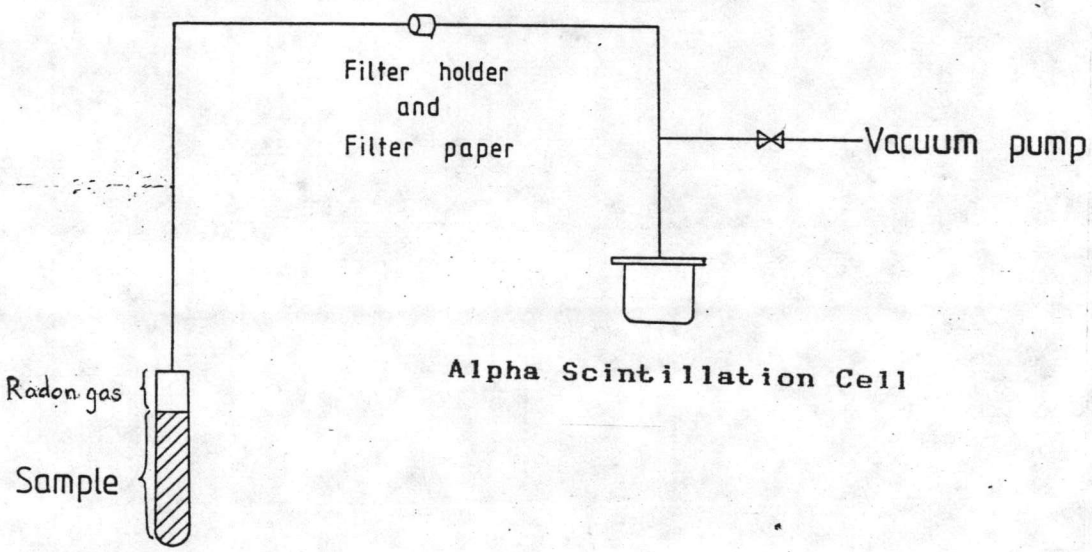
ก. นำตัวอย่างที่บดละเอียดและอบแห้งแล้ว มาชั่งน้ำหนักและบรรจุใส่ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร โดยให้เหลือช่องว่างภายในท่อ พีวีซี ประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วทำการปิดผนึกให้เรียบร้อยพร้อมทั้งบันทึกเวลาและวันที่ปิดผนึก

ข. ทำให้ซินทิลเลชันเซลล์อยู่ภายใต้สูญญากาศ โดยใช้ปั๊มดูดอากาศภายในซินทิลเลชันเซลล์ เป็นเวลาประมาณ 2 นาที

ค. นำท่อ พีวีซี มาต่อเข้ากับซินทิลเลชันเซลล์ โดยใช้ท่อพลาสติกใสชนิดแข็งที่มีกระดาษกรองคั่นอยู่ เพื่อกรองจับฝุ่นผงตัวอย่างที่อาจฟุ้งกระจายมาตามท่อพีวีซีเข้าสู่ซินทิลเลชันเซลล์ได้

ง. Emanate radon จากท่อพีวีซีที่เตรียมไว้แล้วเข้าสู่ซินทิลเลชันเซลล์ บันทึกเวลาที่ emanate radon และตั้งซินทิลเลชันเซลล์ไว้ในที่มืดเป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างเรดอน กับ ผลผลิตครึ่งชีวิตสั้นของเรดอน

จ. นำซินทิลเลชันเซลล์ไปนับรังสีแอลฟา โดยเครื่องวัดรังสีแอลฟาแบบซินทิลเลชันตามที่กล่าวมาแล้ว บันทึกค่าจำนวนนับและเวลาที่นับ แล้วคำนวณหาค่าเรดอนฟลักซ์ต่อไป



รูปที่ 3.6 แผนภูมิอุปกรณ์ทำการทดลองศึกษาเรดอนฟลักซ์

3.3 การคำนวณ

3.3.1 การหาปริมาณเรดอนในตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณเรดอน} = \frac{N(1-e^{-\lambda t})}{EMB} \quad \text{Bq/kg}$$

เมื่อ N = อัตรานับสุทธิ (cpm)

E = ประสิทธิภาพของซินทิลเลชันเซลล์แต่ละอัน (cpm/Bq)

B = ค่า Build-up Factor ในตารางในภาคผนวก ข

M = น้ำหนักของตัวอย่าง (kg)

t = เวลาที่ทำการนับรังสีแอลฟา (sec)

λ = ค่าคงที่ของการสลายตัวของเรดอน (sec^{-1})

3.3.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยเรดอน

$$ECR = \frac{\text{ปริมาณเรดอนที่ได้จากการทดลอง}}{\text{ปริมาณเรเดียมที่มีอยู่ในตัวอย่าง}}$$

3.3.3 การหาประสิทธิภาพของซินทิลเลชันเซลล์

$$E = \frac{NA(1-e^{-\lambda t})}{SB} \quad \text{cpm/Bq}$$

เมื่อ A คือ ค่าคงที่ (constant) มีค่า 60 dpm/Bq

S คือ กัมมันตภาพรังสีของสารละลายมาตรฐานเรเดียม คลอไรด์ มีค่า 51.408685 dpm

B คือ ค่า Build-up Factor ในตารางในภาคผนวก ข

N คือ อัตรานับสุทธิ (cpm)

t คือ เวลาที่ทำการนับรังสีแอลฟา (sec)

λ คือ ค่าคงที่ของการสลายตัวของเรดอน (sec^{-1})

E คือ ประสิทธิภาพของซินทิลเลชันเซลล์ (cpm/Bq)

3.3.4 <u>การหาค่าเรดอนฟลักซ์</u>

$$J = \frac{C\lambda}{EA(e^{-\lambda t_2})(1-e^{-\lambda t_1})} \quad Bq/m^2\text{-sec}$$

เมื่อ J คือ ค่าเรดอนฟลักซ์ (Bq/m^2-sec)

C คือ อัตรานับสุทธิที่ได้จากการทดลอง (cpm)

E คือ ประสิทธิภาพของซินทิลเลชันเซลล์ (cpm/Bq)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ พีวีซี ที่บรรจุตัวอย่าง (m^2)

λ คือ ค่าคงที่ของการสลายตัวของเรดอน (2×10^{-6} sec^{-1})

t_1 คือ เวลาตั้งแต่เริ่มต้นปิดผนึกตัวอย่างจนถึงเวลาก่อนการ emanate radon (sec)

t_2 คือ เวลาที่ทำการ emanate เริ่มต้นจนเสร็จ (sec)