บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เบ้าหลอมทำจากอะลูมินา (Alumina crucibles)
2. เตาหลอมด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrical furnace)
3. แม่พิมพ์เทแก้วทำจาก Stainless steel
4. เครื่องมือวัดความหนา (Vernier caliper)
5. เครื่องชั่งวิเคราะห์ 4 ตำแหน่ง (Denver Instruments Analytical Balance TB 214)
6. เครื่องวัดความหนาแน่น (Density measurement apparatus) model HP-200
7. เครื่องวัดความแข็งของวัตถุ (Digital Micro Vickers Hardness Tester) รุ่น DHV-1000
8. แหล่งกำเนิดรังสี Cs^{137} radioactive source
9. หัวนับวัดรังสีชนิด NaI(Tl) detector BICRON model 2M2/2
10. เครื่องวิเคราะห์ข้อมูลรังสี (CANBERRA PMT model 802-5)
11. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Visible Spectrophotometer model Cary50 Varian)
12. เครื่องวัดค่าดรรชนีหักเหแสง (Refractometer Abbe Refractometer) รุ่น NAR-3T
13. เครื่องเอกซ์เรย์ (Toshiba KXO-15R 150 kVp 320 mA)
14. เครื่องมือวัดสเปคตรัมรังสี (Amptex รุ่น XR-100T-CdTe)

สารเคมี

1. Barium carbonate ($BaCO_3$)
2. Bismuth (III) oxide (Bi_2O_3)
3. Lead (II) oxide (PbO)
4. ทรายแก้ว (SiO_2)
5. Aluminum dioxide (Al_2O_3)
6. Calcium oxide (CaO)
7. Sodium carbonate (Na_2CO_3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8. Boric Acid (H_3BO_3)
9. H_2O

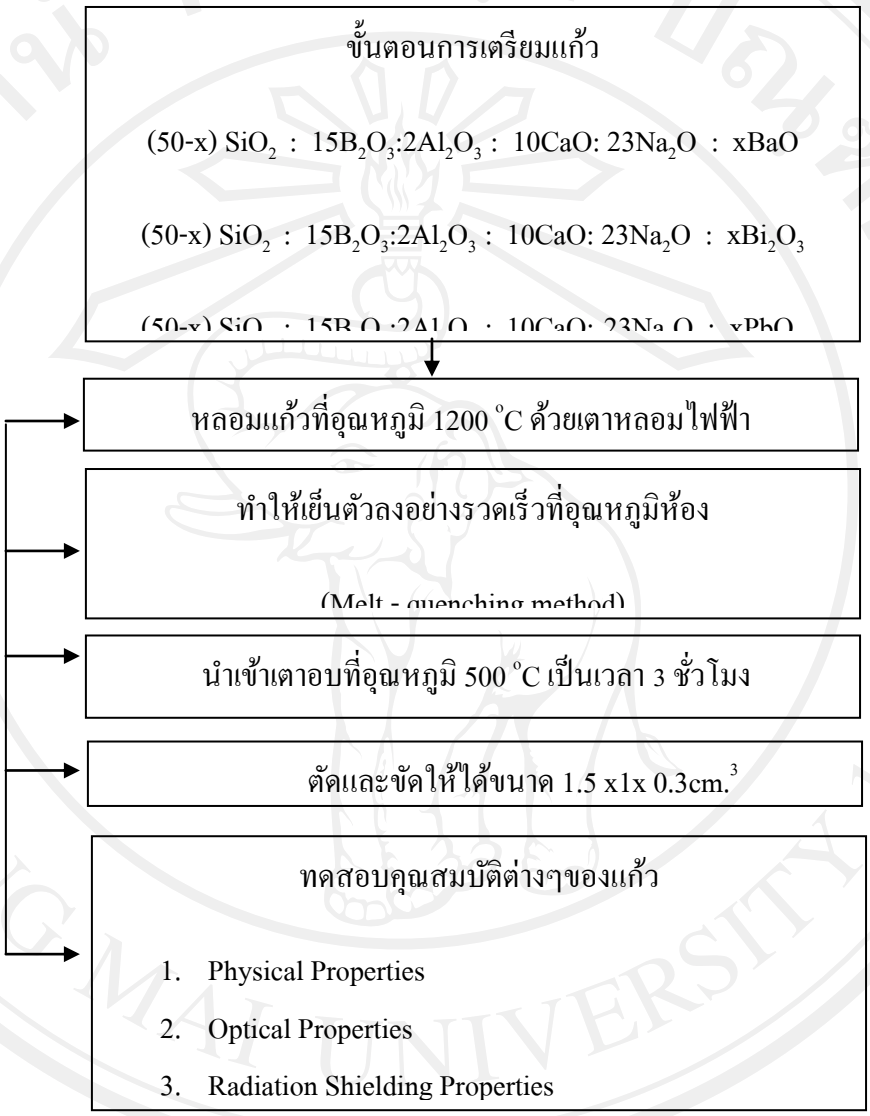
โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

1. XCOM
2. โปรแกรม PMCA

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 กระบวนการผลิตแก้ว



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมแก้วและการทดสอบคุณสมบัติในงานวิจัยนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศึกษาคุณสมบัติของสารที่จะใช้ในการขึ้นรูปแก้ว โดยขั้นตอนแรกจะศึกษาคุณสมบัติของสารที่จะใช้ในการเตรียมแก้ว โดยศึกษาสารที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้ว (Glass former) คือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และ โบรอนไตรออกไซด์ (B_2O_3) ด้านการเพิ่มความแข็งของแก้ว คือ อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ด้านการป้องกันการดูดความชื้นของแก้ว คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และด้านการลดอุณหภูมิในกระบวนการหลอมแก้ว คือ โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) เมื่อได้สารเคมีแล้วจะหาอัตราส่วนโดยโมลของสารที่จะใช้หลอมแก้ว โดย แก้วตัวอย่างในงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งเป็น 3 สูตร โดยเขียนอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์โดยโมลได้ดังนี้

สูตรที่ 1 $(50\text{-}x)\ SiO_2 : 15B_2O\ :\ 2Al_2O_3 : 10CaO\ :\ 23Na_2O\ :\ xBaO,$

สูตรที่ 2 $(50\text{-}x)\ SiO_2 : 15B_2O\ :\ 2Al_2O_3 : 10CaO\ :\ 23Na_2O\ :\ xBi_2O_3,$

สูตรที่ 3 $(50\text{-}x)\ SiO_2 : 15B_2O\ :\ 2Al_2O_3 : 10CaO\ :\ 23Na_2O\ :\ xPbO$

โดยที่ค่า x เป็นค่าความเข้มข้นของสารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โมลเมื่อ x = 0, 5, 10, 15 และ 20

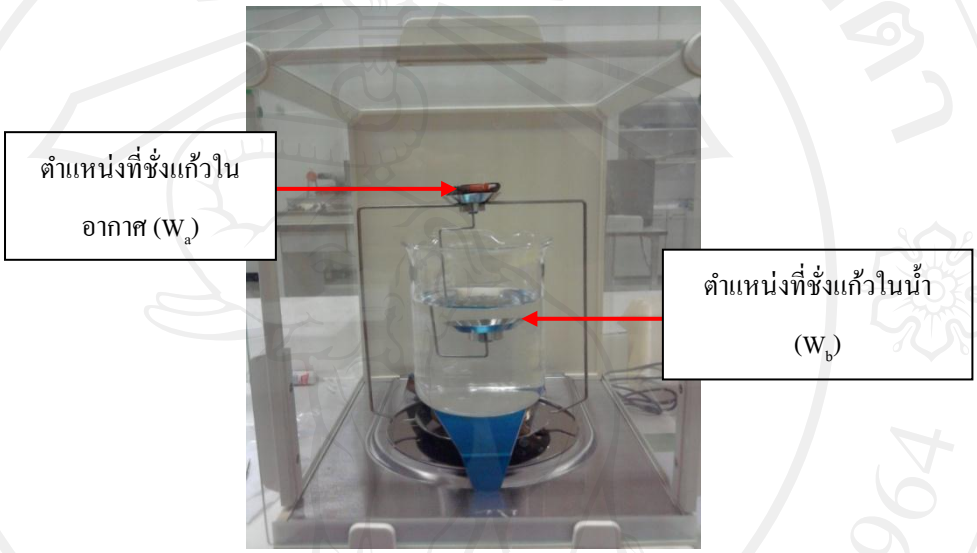
นำส่วนผสมของแก้วแต่ละตัวอย่าง มาผสมรวมกันใน ถ้วยอะลูมินาที่ใช้เป็นภาชนะสำหรับใส่สารเพื่อหลอมแก้ว โดยน้ำหนักรวมทั้งหมดเท่ากับ 30 กรัมแล้วนำไปหลอมในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1200 ^{o}C ด้วยเตาหลอมไฟฟ้า จากนั้นทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง (Melt-quenching method) โดยเทแก้วใส่สแตนเลส และนำไปเข้าเตาเพื่ออบที่อุณหภูมิ 500 ^{o}C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้แก้วเปราะและแตก ดังรูปที่ 3.2 แก้วตัวอย่างจากงานวิจัย

รูปที่ 3.2 กระบวนการหลอมแก้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 ขั้นตอนการวัดความหนาแน่นของแก้ว

นำแก้วที่ได้มาวัดค่าความหนาแน่นด้วยเครื่อง Density measurement apparatus บริษัท AND รุ่น model HP-200 แสดงดังรูปที่ 3.3 โดยชั่งน้ำหนักที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ชั่งได้ในน้ำ นำน้ำหนักที่ได้จากการชั่งมาหาผลต่าง เพื่อใช้ในการคำนวณค่าความหนาแน่น ตามสมการที่ 16

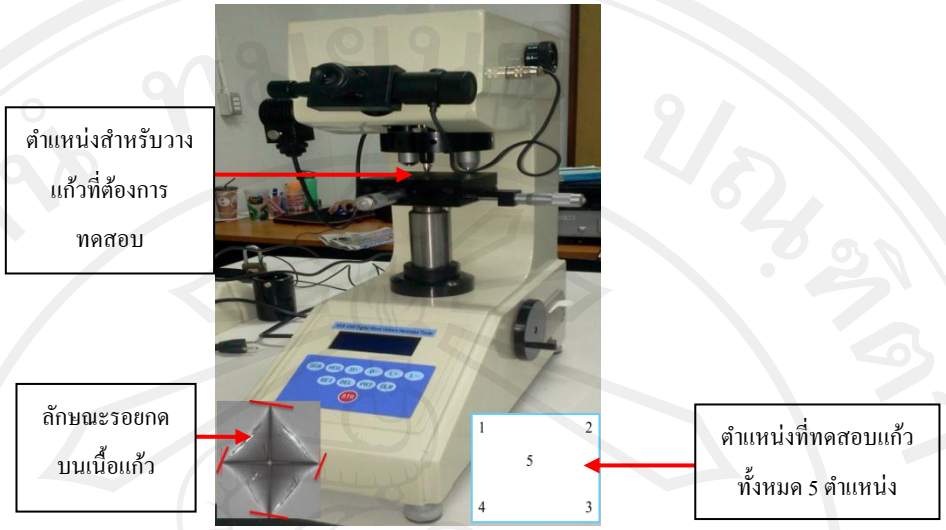


รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการวัดความหนาแน่นด้วยเครื่อง Density measurement apparatus

3.2.3 ขั้นตอนการวัดความแข็งของแก้ว

นำแก้วที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางด้านความแข็งหรือความต้านทานที่ทนต่อการเสียรูปของวัสดุ ด้วยเครื่อง Digital Micro Vickers Hardness Tester รุ่น DHV-1000 โดยจะกดลงบนแก้วเพื่อทดสอบความแข็งของแก้ว ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 17 โดยจะทดสอบทั้งหมด 5 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 3.4

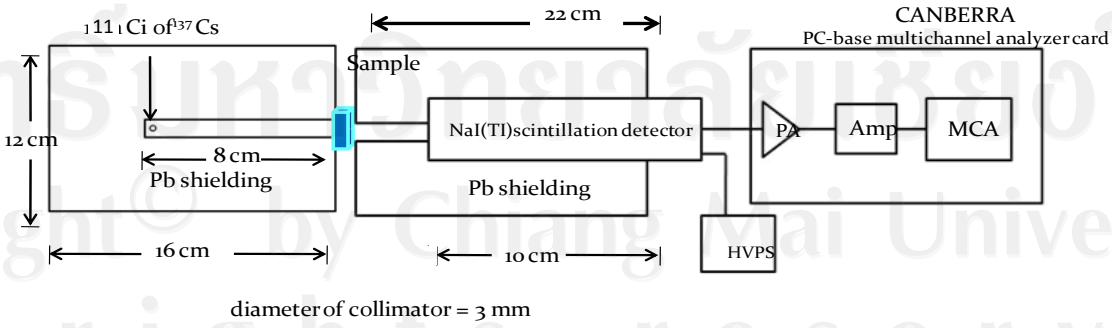
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการวัดความแข็งด้วยเครื่อง Digital Micro Vickers Hardness Tester

3.2.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของแก้ว

นำแก้วแต่ละชนิดมาทดสอบความสามารถในการลดทอนปริมาณรังสีโดยใช้แหล่งกำเนิดรังสี Cs^{137} ความเข้ม 11 มิลลิคูรี่ ผลิตเมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2539 โดยนำแก้วตัวอย่างที่ต้องการทดสอบวางไว้ด้านหน้าแหล่งกำเนิดรังสี ซึ่งแหล่งกำเนิดรังสีจะอยู่ภายในถ้ำตะกั่วขนาด 12x8 เซนติเมตร แล้วทำการนับวัดโดยใช้หัววัดรังสีชนิดผลึกโซเดียมไอโอไดที่เติมทอเรียมที่คลุมด้วยถ้ำตะกั่ว ขนาด 22x6 เซนติเมตร โดยให้ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีห่างจากหัวนับวัดเป็นระยะทาง 13 เซนติเมตร โดยหัวนับวัดรังสีจะเชื่อมต่อเข้ากับตัวแสดงผล ค่าที่สามารถนับวัดได้คือค่าความเข้มของรังสี ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของแก้วจากการแทนค่าความเข้มของรังสีในสมการที่ 7



รูปที่ 3.5 การทดสอบความสามารถในการลดทอนปริมาณรังสีของแก้วตัวอย่าง

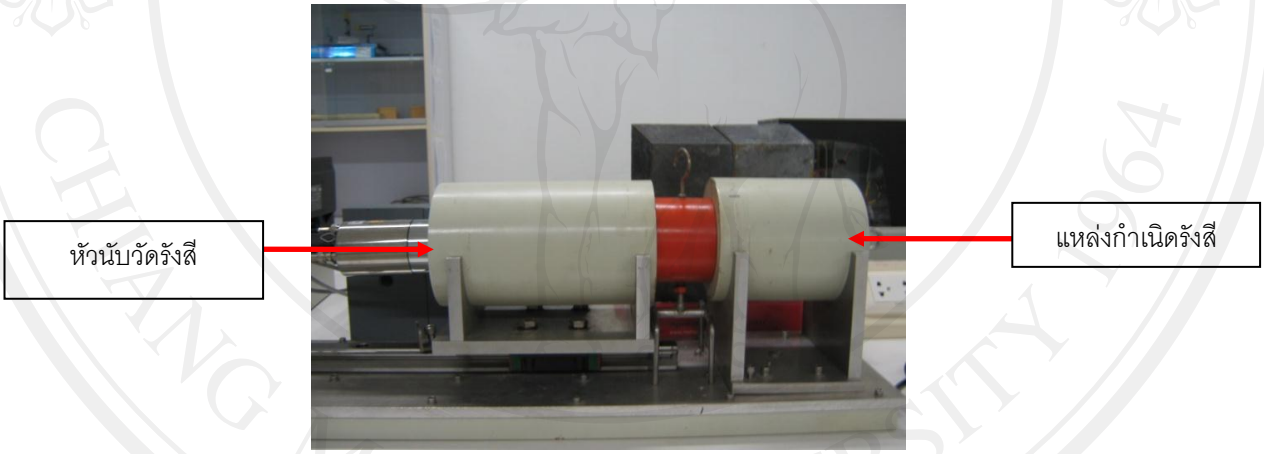
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.5 ขั้นตอนการหาค่าความหนาครึ่งค่า

การหาค่าความหนาของแก้วที่นำมาบังรังสีแล้วทำให้ความเข้มรังสีลดลงเหลือครึ่งหนึ่งจากเดิมซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 9

3.2.6 ขั้นตอนการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลของแก้ว

ชั่งน้ำหนักของแก้วทั้งหมด 3 ครั้ง ชั่งน้ำหนักในน้ำและในอากาศ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาค่าความหนาแน่น เพื่อนำไปแทนในสมการหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล หลังจากนั้นจะนำแก้วที่ต้องการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์เชิงมวลมาวางไว้ด้านหน้าแหล่งกำเนิดรังสีซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีกับหัวนับวัดรังสีซึ่งจะต่อเข้ากับตัวแสดงผล ระบบนับวัดรังสี ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลได้ดังสมการที่ 8

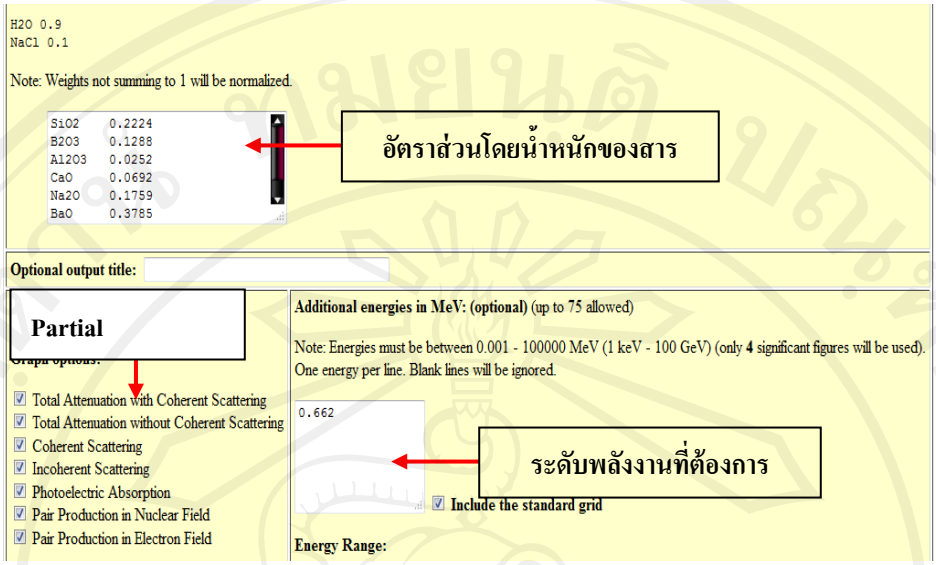


รูปที่ 3.6 การจัดวางอุปกรณ์เพื่อนับวัดรังสีในการหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลของแก้ว

3.2.7 ขั้นตอนการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลในทางทฤษฎีโดยใช้โปรแกรม XCOM

โปรแกรม XCOM เป็นฐานข้อมูลที่สามารถคำนวณสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล และอันตรกิริยาย่อยต่างๆ เช่น การกระเจิงแบบโคเฮอเรนท์, การกระเจิงแบบคอมป์ตัน, การเกิดโฟโตอิเล็กทริก, กระบวนการเกิดแพรโพดักชัน ซึ่งสามารถคำนวณได้ทั้งธาตุ สารประกอบ และสารผสมที่อยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ระดับพลังงานตั้งแต่ 1 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV) ถึง 100 จิกะอิเล็กตรอนโวลต์ (GeV) [18] ตัวอย่างการคำนวณ ดังรูปที่ 3.7

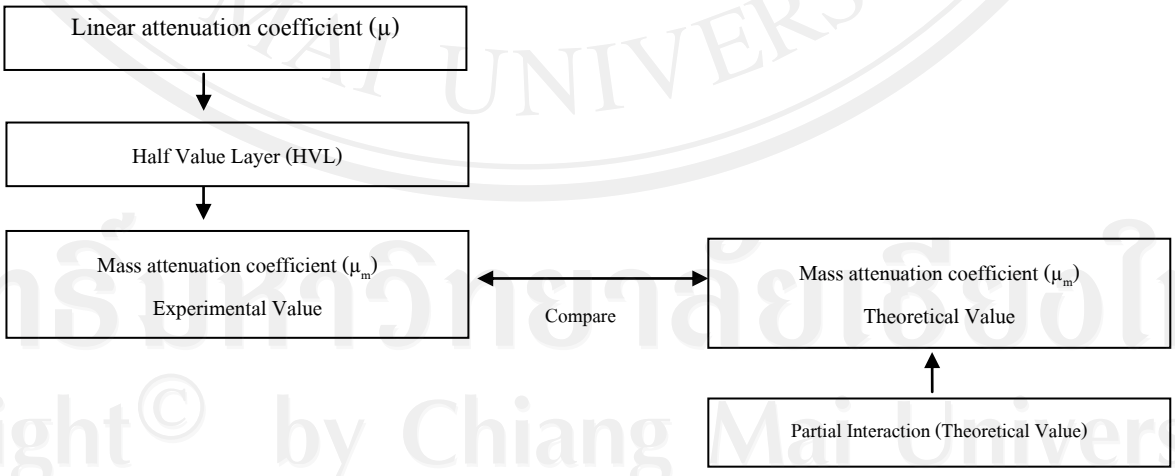
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม XCOM

3.2.8 ขั้นตอนการคำนวณอันตรกิริยาย่อยของรังสีที่เกิดขึ้นในแก้ว

การคำนวณอันตรกิริยาย่อยของรังสีประกอบด้วย 3 อันตรกิริยาย่อย ดังนี้ การกระเจิงแบบคอมป์ตัน, การเกิดโฟโตอิเล็กทริก, กระบวนการเกิดแพรโพดักชัน สามารถคำนวณโดยใช้โปรแกรม XCOM ซึ่งผลรวมของทั้ง 3 อันตรกิริยาย่อย มีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล ค่าที่ได้จากโปรแกรมจะเป็นค่าที่ได้จากค่าทางทฤษฎี แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าการทดลอง สามารถแสดงดังแผนภาพ ดังรูปที่ 3.8

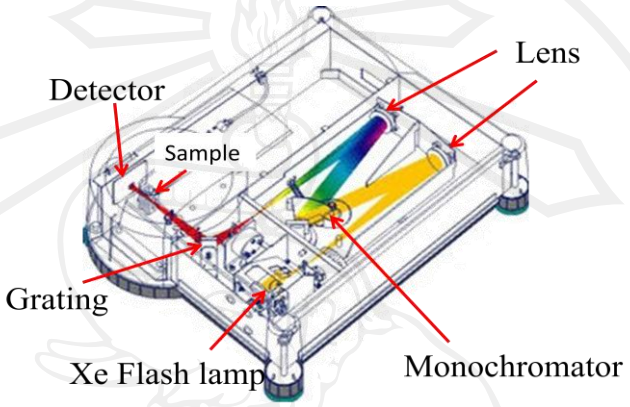


รูปที่ 3.8 แผนภาพวิธีการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลที่เกิดขึ้นในแก้วที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.9 ขั้นตอนการวัดความสามารถในการดูดกลืนแสง

วัดการดูดกลืนแสงของแก้วโดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer รุ่น Cary50 ของบริษัท Varian วางแก้วที่ต้องการทดสอบบริเวณตำแหน่งเพื่อใช้ทดสอบ ดังรูปที่ 3.9 โดยตั้งค่าความยาวคลื่นตั้งแต่ 300 ถึง 1100 นาโนเมตร และ เกรตติงที่ใช้คือ 1,200 เส้นต่อมิลลิเมตร



รูปที่ 3.9 หลักการทำงานของเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer รุ่น Cary50

3.2.10 ขั้นตอนการวัดดรรชนีการหักเหแสง

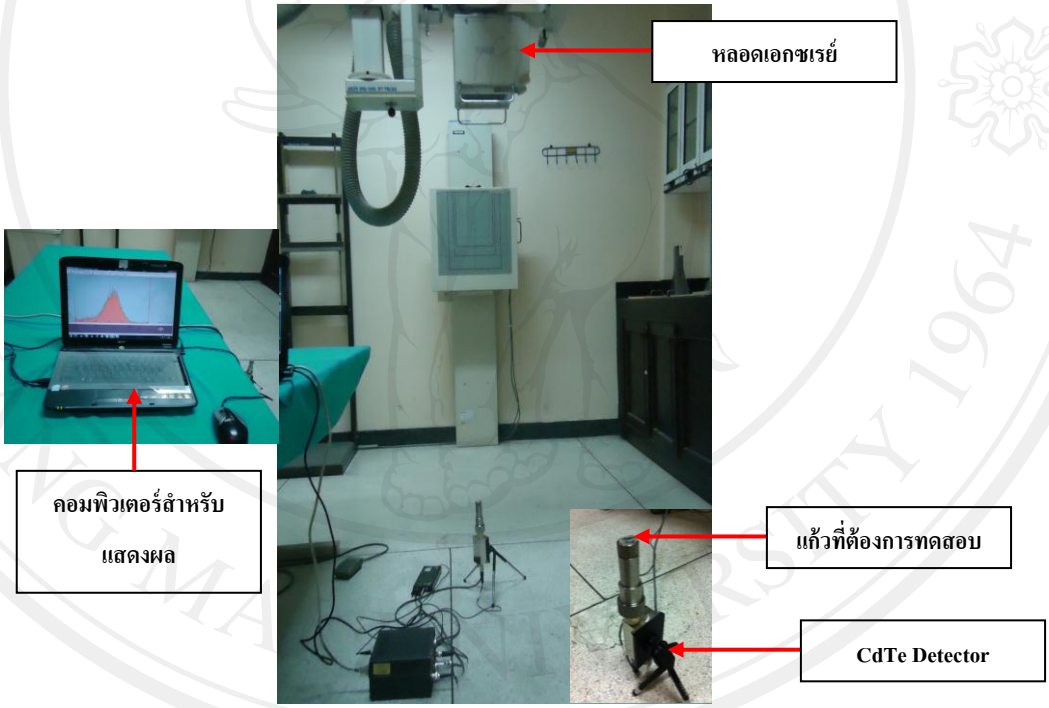
นำแก้วที่ต้องการวัดดรรชนีการหักเหแสงวางบริเวณที่ใช้ในการวัด แล้วอ่านค่า ด้วยเครื่อง Abbe Refractometer รุ่น ATAGO ดังรูปที่ 3.10 โดยค่าที่สามารถวัดได้อยู่ในช่วง 1.3-1.7

รูปที่ 3.10 การวัดดรรชนีหักเหแสงด้วยเครื่อง Abbe Refractometer รุ่น ATAGO

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.11 ขั้นตอนการหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของแก้วจากเครื่องเอกซ์เรย์

นำแก้วแต่ละชนิดมาทดสอบความสามารถในการลดทอนปริมาณรังสีเอกซ์ โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ Toshiba KXO-15R โดยตั้งค่าเครื่องเอกซ์เรย์ทั่วไปที่ค่าเทคนิค 100 kVp 100 mA 2 sec และ 120 kVp 100 mA 2 sec ซึ่งเป็นค่าเทคนิคที่นิยมใช้สำหรับถ่ายเอกซ์เรย์ และเป็นค่าที่สูงที่สุดของเครื่องเอกซ์เรย์ หลังจากนั้นนำแก้วตัวอย่างที่ต้องการทดสอบวางบนหัวนับวัดรังสีชนิดแคดเมียมเทลลูไลด์ (Cadmium Telluride Crystals; CdTe) ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องนับวัดสัญญาณ (Multichannel analyzer) ดังรูปที่ 3.11 ซึ่งนับวัดสัญญาณเป็นความเข้มของรังสี สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น ได้จากสมการที่ 6



รูปที่ 3.11 การจัดวางอุปกรณ์เพื่อนับวัดค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของแก้วโดยใช้เครื่องเอกซ์เรย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved