

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวล และค่าความหนาครึ่งค่า ต่อแก้วระบบ
 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3$ ที่พลังงาน 356 keV

The Study of Mass Attenuation Coefficients and Half Value Layer of
 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3$ Glass System at 356 keV of Photon Energy

วสุ ชิวสุขานนท์^{1*}, พงศพิศ ลิ้มกิจเจริญภรณ์¹ และจักรพงษ์ แก้วขาว²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*wasu.kotzen@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวล จากสูตรแก้ว $x\text{Bi}_2\text{O}_3:20\text{Na}_2\text{O}:(80-x)\text{B}_2\text{O}_3$ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (เมื่อ $x = 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45$, และ 50 เปอร์เซ็นต์โมล) และใช้แหล่งกำเนิดรังสี Ba-133 ที่พลังงาน 356 keV เป็นแหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในการทดลอง ผลที่ได้จากค่าทางการทดลองนั้น นำมาเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีของค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลที่ถูกคำนวณจากโปรแกรม WinXcom การทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของบิสมาทที่เพิ่มขึ้น และพบว่า ค่าความหนาครึ่งค่า(HVL)มีค่าลดลง ตามความเข้มข้นของบิสมาทที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: สัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวล, ค่าความหนาครึ่งค่า, แก้ว Bi_2O_3

Abstract

The mass attenuation coefficient were measured in the composition of $x\text{Bi}_2\text{O}_3:20\text{Na}_2\text{O}:(80-x)\text{B}_2\text{O}_3$ at different concentration ($x = 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45$, and 50 mole %) of glass system, by using the radioactive source Ba-133 is investigated at 356 keV of photon energies. The theoretical values of mass attenuation coefficient of glass samples were measured by using WinXCom program. The result shows that the mass attenuation coefficient increases with the increasing concentration of Bi_2O_3 , the HVL decreases with the increasing concentration of Bi_2O_3

Keywords: mass attenuation coefficient, HVL, Bi_2O_3 glass

1. บทนำ

มนุษย์เรานั้น มีโอกาสที่จะได้รับอันตรายจากรังสีได้ตลอดเวลา ทั้งในธรรมชาติ อุปกรณ์ และสิ่งประดิษฐ์ที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ จากอดีตจนถึงปัจจุบัน ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับรังสีมาโดยตลอด และได้รู้ว่ารังสีไม่ได้มีแต่โทษ แต่ยังสามารถนำรังสีมาใช้ประโยชน์ได้ในอีกหลาย ๆ ด้าน เช่น ด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และด้านการแพทย์ ในงานที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงจากการได้รับรังสีนั้น ได้มีการศึกษาการดูดกลืนรังสี และพัฒนาวัสดุเพื่อใช้ในการกำบังรังสี (K. Singh et al., 2002) ในการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุกำบังรังสี มุ่งหวังให้รังสีนั้นเกิดอันตรกิริยากับสารในวัสดุมากที่สุด การเกิดอันตรกิริยาระหว่างรังสีกับสารนั้น บ่งบอกถึงค่าการลดทอนของรังสีที่เกิดกับวัสดุ ดังนั้นค่าการลดทอนของรังสีในวัสดุ จึงมีความสำคัญ ในหลาย ๆ งานวิจัย ต้องการที่จะพัฒนาวัสดุที่มีค่าการลดทอนรังสีหรือค่าการกำบังรังสีให้มากที่สุด และสามารถนำมาใช้งานได้ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่มีความเสี่ยงต่อรังสี และสามารถเป็นวัสดุกำบังรังสีได้ดี (N. Singh et al., 2006) ในงานที่ต้องสัมผัสกับรังสีโดยตรงเช่น การ

ฉายรังสี จำเป็นต้องมีวัสดุกำบังรังสี เพื่อที่จะสามารถให้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้น จึงต้องใช้วัสดุที่มีค่าการลดทอนรังสีที่สูงและเป็นวัสดุโปร่งแสง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติการกำบังรังสีของแก้วบิสมีทโซเดียมบอเรต เนื่องจากตะกั่วและคอนกรีตเป็นวัสดุมาตรฐานที่ใช้ในการกำบังรังสี (J. K. Singh et al., 2015), (El. Sayed et al., 2015), (I. Akkurt et al., 2010), (Akkurt et al., 2010) และต้องการที่จะหลีกเลี่ยงความเป็นพิษของตะกั่ว และสามารถใช้งานหรือเคลื่อนย้ายได้ง่ายกว่าคอนกรีต จึงได้สนใจธาตุบิสมีทซึ่งธาตุบิสมีทนั้นเป็นธาตุที่มีขนาดอะตอมที่ใหญ่กว่า หนักกว่าตะกั่ว และเป็นธาตุหนัก จึงน่าจะกำบังรังสีได้ดีกว่าและปลอดภัยกว่าตะกั่ว และที่สำคัญสามารถเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติป้องกันรังสีได้ดี ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาและทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล และค่า HVL ซึ่งบ่งบอกถึงค่าความหนาของวัสดุที่ใช้ในการกำบังรังสี ในงานนี้ ค่าทางการทดลองได้นำมาเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม WinXCom (L. Gerward et al., 2001), (L. Gerward et al., 2004)

2. ทฤษฎี

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวล

ค่าทฤษฎีของค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวล ที่สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม WinXCom สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้

$$\mu_m = \sum_i w_i (\mu_m)_i \tag{1}$$

ค่าการทดลองของค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวล สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้

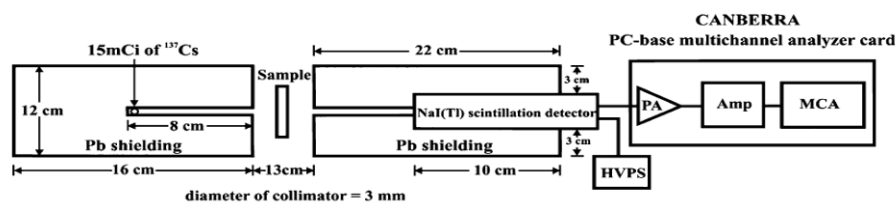
$$\mu_m = \ln \frac{I_0}{I} \frac{1}{\rho t} \tag{2}$$

2.2 ค่า HVL

ค่า HVL สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$HVL = 0.693 / \mu \tag{3}$$

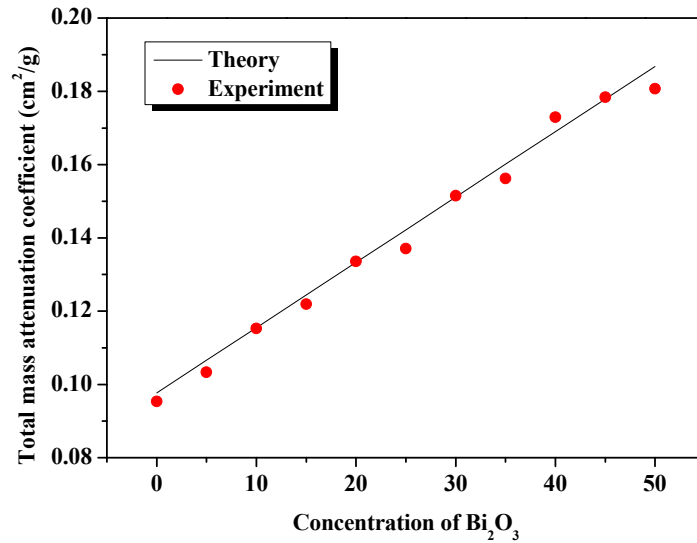
3. วิธีการทดลอง



รูปภาพที่ 1 ภาพการทดลองการส่งผ่านรังสี (Kaewkhao et al., 2012)

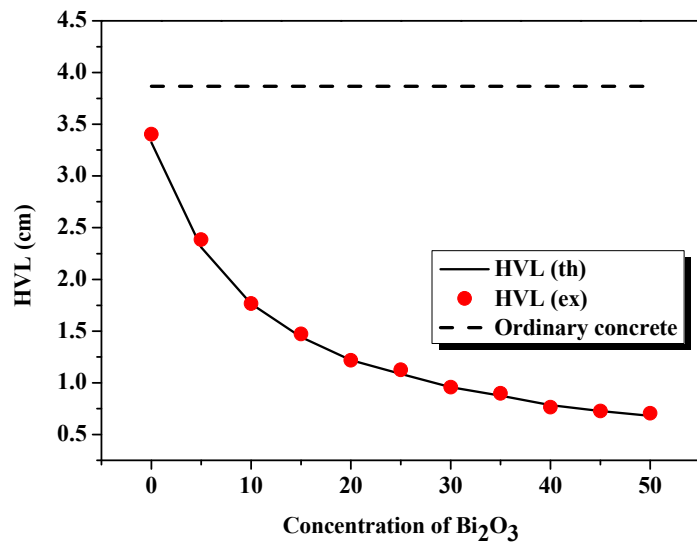
จากรูปที่ 1. ได้ใช้แหล่งกำเนิดรังสี Ba-133 ที่พลังงาน 356 keV เป็นแหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในการทดลอง โดยมีถ้ำตะกั่วหุ้มแหล่งกำเนิดรังสีไว้ และวางแก้วตัวอย่างห่างจากจุดกำเนิดรังสี 15 ซม. โดยมีหัววัดรังสี NaI(Tl) ที่หุ้มด้วยถ้ำตะกั่ววางไว้หลังตัวอย่างแก้วซึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดรังสี 41 ซม. และทำการนับวัดค่ารังสีที่ส่งผ่านตัวอย่างแก้วเข้าสู่หัววัด NaI(Tl) ที่ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟ (HVPS) และแปลงสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อแปลค่า โดยใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ Genie 2000

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล



รูปภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของกราฟระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลกับค่าความเข้มข้นของบิสมีท

จากรูปภาพที่ 2 จะพบว่า ที่ความเข้มข้นของบิสมีทที่เพิ่มมากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลเพิ่มขึ้นตามลำดับ ณ ที่พลังงานเท่ากัน เนื่องจากขนาดของอะตอมของบิสมีทที่ใหญ่กว่า เข้าไปแทนที่อะตอมของโบรอนที่มีขนาดเล็กกว่า จึงเพิ่มโอกาสการเกิดอันตรกิริยาระหว่างรังสีกับสสาร จึงส่งผลให้ค่าการลดทอนของรังสีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย



รูปภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของกราฟระหว่าง ค่า HVL กับค่าความเข้มข้นของบิสมีท

จากรูปภาพที่ 3 จะพบว่า ที่ความเข้มข้นของบิสมีทที่เพิ่มมากขึ้น ค่า HVL ลดลงตามลำดับ ณ ที่พลังงานเท่ากัน ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0% ค่า HVL น้อยกว่าวัสดุกำบังรังสี ordinary concrete เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลที่เพิ่มขึ้น และการที่อะตอมของบิสมีทเข้าไปแทนที่อะตอมของโบรอน จึงส่งผลให้ค่าความหนาสามารถลดลงได้ที่พลังงานเท่ากันเมื่อเทียบกับวัสดุมาตรฐานที่ใช้ในการกำบังรังสี

5. สรุปผลการทดลอง

1. ที่ความเข้มข้นของบิสมัทที่เพิ่มมากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลเพิ่มขึ้นตามลำดับ ณ ที่พลังงานเท่ากัน เนื่องจากอะตอมของบิสมัทที่เข้าไปแทนที่อะตอมของโบรอนจึงเพิ่มโอกาสการเกิดอันตรกิริยา จึงส่งผลให้ค่าการลดทอนของรังสีเพิ่มขึ้น ทำให้วัสดุมีการกำบังรังสีได้ดี

2. ที่ความเข้มข้นของบิสมัทที่เพิ่มมากขึ้น ค่า HVL ลดลงตามลำดับ ณ ที่พลังงานเท่ากัน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนเชิงมวลที่เพิ่มขึ้น และการเข้าไปแทนที่ของอะตอมของบิสมัท ทำให้ค่าความหนาสามารถลดลงได้ที่พลังงานเท่ากันเมื่อเทียบกับวัสดุมาตรฐานที่ใช้ในการกำบังรังสี จึงส่งผลให้สามารถลดความหนาของวัสดุได้ เมื่อเทียบกับวัสดุมาตรฐานอื่น ๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- K. Singh, et al., (2002). Gamma-ray attenuation coefficient in bismuth borate glasses: Nucl. Instr. and Meth. Vol. 194, pp. 1-6.
- N. Singh, K. Singh, and H. Singh. (2006). Gamma-ray attenuation studies of PbO-BaO-B₂O₃ glass system: Rad. Meas. Vol. 41. pp. 84-88.
-] K. Singh, S. Singh, A.S. Dhaliwal, and G. Singh. (2015). Gamma radiation shielding analysis of lead-flyash concretes: Applied Radiation and Isotopes. Vol 95, pp. 174–179.
- El. Sayed, A. Waly, and A. Bourham. (2015). Comparative study of different concrete composition as gamma-ray shielding materials: Annals of Nuclear Energy. Vol 85 pp. 306-310.
- I. Akkurt, H. Akyildirim, B. Mavi, S. Kilincarslan, and C. Basyigit. (2010). Gamma-ray shielding properties of concrete including barite at different energies: Progress in Nuclear Energy. Vol. 52 pp. 620-623.
- I. Akkurt, H. Akyildirim, B. Mavi, S. Kilincarslan, and C. Basyigit. (2010). Photon attenuation coefficients of concrete includes barite in different rate: Annals of Nuclear Energy. Vol. 37 pp. 910-914.
- L. Gerward, N. Guilbert, K.B. Jensen and H. Leving. (2001). X-ray absorption in matter: Reengineering XCOM Radiation Physics and Chemistry. Vol. 60, pp. 23–24.
- L. Gerward, N. Guilbert, K.B. Jensen and H. Leving. (2004). WinXCom-a program for calculating X-ray attenuation coefficients: Radiat. Phys. Chem. Vol. 60, pp. 23–24.